

スーダン国
灌漑・水資源省 (MIWR)
水資源技術機関 (WRTO)

スーダン国
統合水資源管理能力強化プロジェクト

ファイナル・レポート
要約編和文

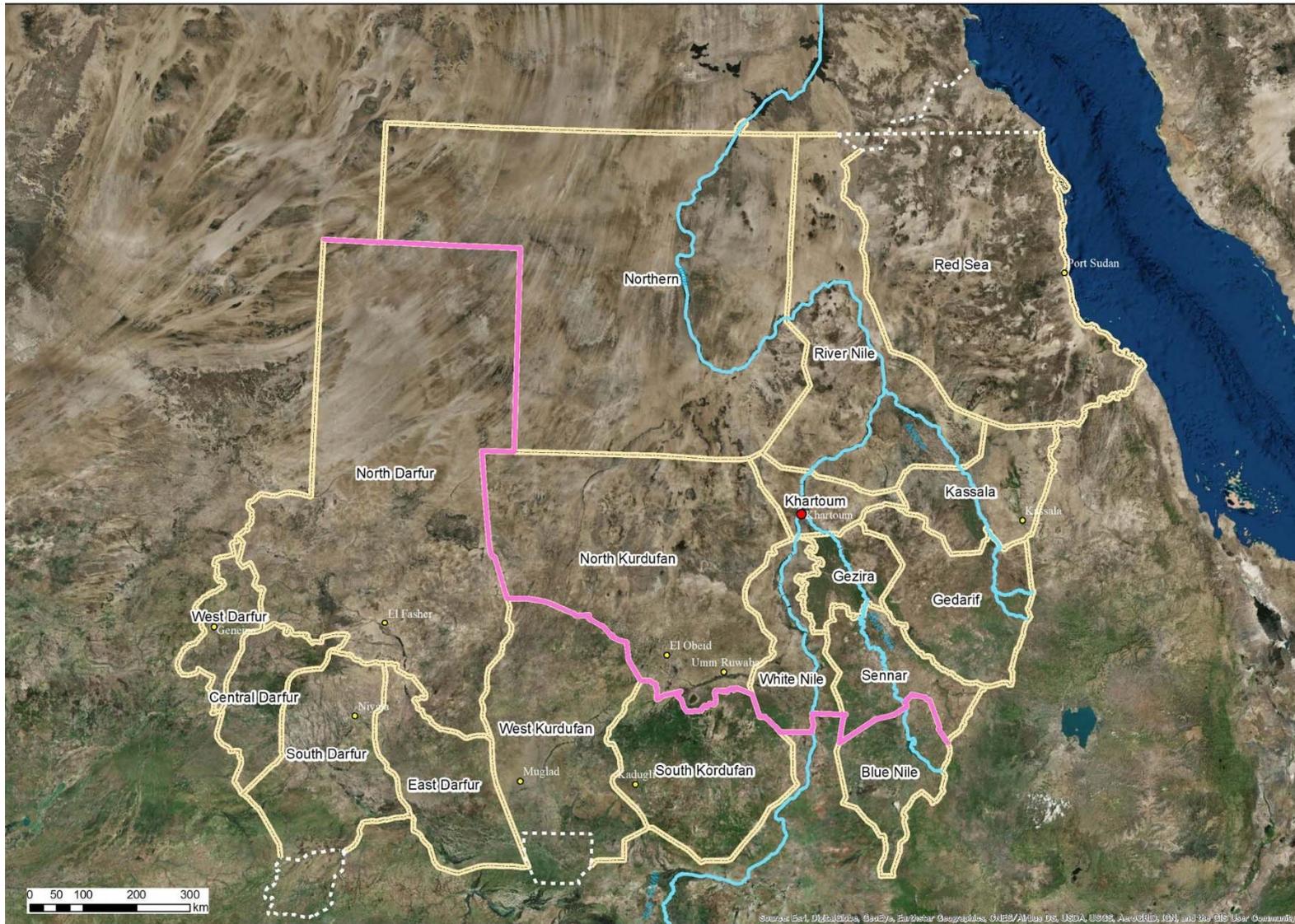
2023年5月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社
株式会社レックス・インターナショナル

環境
JR
23-063

巻頭図：スーダン位置図



スーダン国
統合水資源管理能力強化プロジェクト
ファイナル・レポート
要約編和文

目次

第1章 プロジェクトの背景・目的・構成.....	1
1.1 プロジェクトの背景.....	1
1.2 プロジェクト概要.....	1
第2章 スーダンの水資源をめぐる概況.....	2
2.1 水資源の概況.....	2
2.2 組織制度の概況.....	2
2.3 社会と文化.....	4
第3章 第1期の活動と成果.....	5
3.1 第1期の活動.....	5
3.2 水収支の分析.....	5
3.2.1 水収支解析の方法論.....	5
3.2.2 水資源ポテンシャルの評価.....	5
3.2.3 水資源開発・供給施設.....	7
3.2.4 水需要の推計.....	7
3.2.5 水収支の分析.....	8
3.2.6 水収支解析から得た知識と教訓.....	11
3.3 スーダン水資源分野の課題.....	13
3.3.1 スーダンの水資源セクターにおける課題の全体像.....	13
3.3.2 水に関わる問題現象と背景要因.....	13
第4章 第2期の活動.....	17
4.1 第2期の活動.....	17
4.2 パイロット活動地域の選定.....	17
4.3 パイロット活動地域の現状と水資源の課題.....	17
4.4 パイロット活動の目標と活動内容の選定.....	22
4.5 パイロット活動の実施.....	24
4.5.1 IWRM 推進体制の構築.....	24
4.5.2 モニタリング活動の強化.....	34
第5章 パイロット活動の成果.....	53
5.1 パイロット活動の成果の評価方法.....	53

5.2	パイロット活動の達成度の全体的評価	53
5.3	パイロット活動ごとの成果	56
第6章	IWRM 普及のための提言	59
6.1	バラ IWRM モデルと IWRM の定義	59
6.2	北コルドファン州における IWRM 普及のための提言	60
6.2.1	バラ IWRM モデルの普及に関わる全体的提言	60
6.2.2	北コルドファン州における IWRM の段階的普及に関する提言	61
6.2.3	バラ地域におけるバラ IWRM モデルの展開（第2段階）	62
6.2.4	北コルドファン州他地域でのバラ IWRM モデルの展開（第3段階）	63
6.3	スーダンでの IWRM 普及に関する提言	63
6.3.1	スーダンでの IWRM 普及戦略	63
6.3.2	連邦政府による各州 IWRM 促進体制の構築支援への提言	65
6.3.3	連邦政府による各州 IWRM 関連活動の普及支援への提言	67
6.4	更なる支援の必要性	69
第7章	能力開発支援に関わる活動	71
7.1	第三国研修	71
7.2	本邦研修	72
第8章	戦略的環境アセスメント（SEA）	73
8.1	戦略的環境アセスメントの重要性	73
8.1.1	戦略的環境アセスメントの概要	73
8.1.2	なぜ SEA が IWRM に必要なのか？	73
8.2	SEA の試行	73

免責) 地図上の表記は図示目的であり、いずれの国と地域の法的地位もしくは国境線に関し、JICA の見解を示すものではありません。

第1章 プロジェクトの背景・目的・構成

1.1 プロジェクトの背景

スーダンは、国土の大部分において年間降水量が 300mm 以下と限られており、経済発展や人々の生活に制約を与えている。加えてスーダンの水資源は地域によって偏在しており、特に非ナイル地域はナイル地域と比較して水不足に悩まされている。このような厳しい水事情において、スーダンでは、科学的データに基づく水収支の把握やそれに基づく水需要と水供給の差を埋めるための方策の検討、国家レベルでの水利用戦略の策定が必要である。また、水資源管理においては、利害関係者間の調整メカニズムを改善し、水配分に関する対立を減らし、水利用効率を向上させる、統合水資源管理（IWRM：Integrated Water Resources Management）を推進する必要がある。

1.2 プロジェクト概要

プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、IWRM の実践を通して関連法制度・体制等に係る提言が抽出されることにより、IWRM に関する政策、戦略、計画の改善、及び水資源関連事業の改善に貢献することである。

期待される成果

成果 1：水収支の評価

成果 2：水資源管理に関する課題の分析

成果 3：特定地域における IWRM の実施（パイロット活動）

成果 4：戦略、法的枠組み、実施体制に関する提言

主な関係官庁・機関

MIWR (Ministry of Irrigation and Water Resources、灌漑・水資源省) の WRTO (Water Resources Technical Organ、水資源技術機関)、MIWR の General Directorate of Groundwater and Wadi (GWWD、地下水ワジ局) 等水資源関連部局、水利関係省庁（農業・森林省等）、各州政府の関連組織（インフラ・都市開発省、州水公社等）の担当者。

実施時期

2016 年 8 月から 2023 年 3 月まで。

プロジェクト実施に関する基本方針

プロジェクトの目的と 4 つのアウトプットの関係は以下のとおりである（図 1-1 参照）。

本プロジェクトの最終成果は成果 4 であり、そのプロセスが図 1-1 となる。科学的根拠に基づく水収支分析の結果を活用することで全国レベルでの水資源・水問題の抽出し（成果 1、2）、水資源に関する幅広いステークホルダーとの参加型合意

形成メカニズムの構築を推進して IWRM をパイロット的に施行し（成果 3）、これら IWRM の実践（成果 1、2、3）の教訓を踏まえて提言を行う（成果 4）。

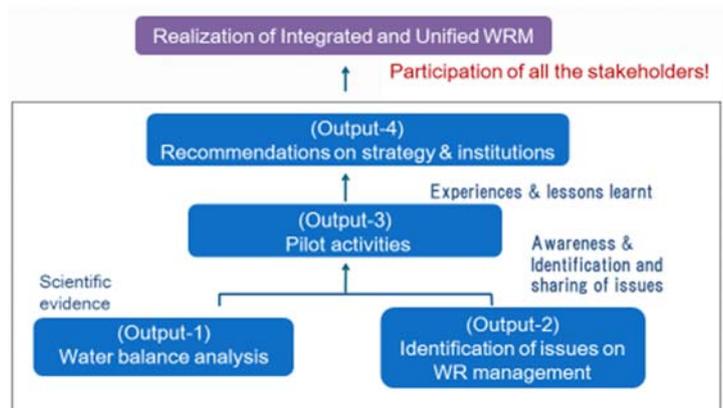


図 1-1 プロジェクトの各成果と関係

第2章 スーダンの水資源をめぐる概況

2.1 水資源の概況

(1) 地形地質

スーダンはアフリカ大陸で3番目に大きな国である。地形は概ね平坦で、標高は200mから600mが中心である。スーダンの地質は先カンブリア期の結晶質基盤岩から第四紀の未固結沖積層まで多岐にわたっている。中生代にはヌビア砂岩の堆積物が形成され、基盤岩や古生層の堆積盆に堆積している。第三紀中期から後期にかけては構造盆地が広範囲に形成された。鮮新世から更新世にかけては、これらの第三紀盆地にウム・ルワバ層の厚い堆積層が形成された。

(2) 気候条件

スーダンは北緯8～23度、東経21～39度に位置し、国土のほとんどが「温暖な砂漠気候」に分類される。一般に雨季は北部で3ヶ月間（7月～9月）、南部で6ヶ月間（6月～11月）ほどである。

(3) 水文的条件

世界的な大川であるナイル川がスーダンの南から北に流れており、その支流である青ナイルがハルツームにて白ナイルに合流する。白ナイルの流量は一年を通じて変化が小さいのに対して、青ナイルは雨季に急激に流量の増えるのが特徴である。ナイル川の月平均流量は図2-1に示す通り。

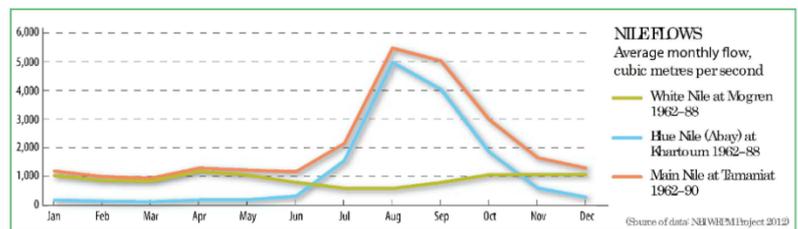


図2-1 ナイル川の月平均流量

(4) 水文地質

図2-2に示すように、スーダンの主な地下水帯水層は、国の表面積の約95%を占めている。これらの帯水層は、帯水層の種類と地下水賦存量に基づいて、主に以下の3つのカテゴリーに分類される。

- ① 基盤岩
- ② ヌビア砂岩層
- ③ 第三紀砂岩帯水層

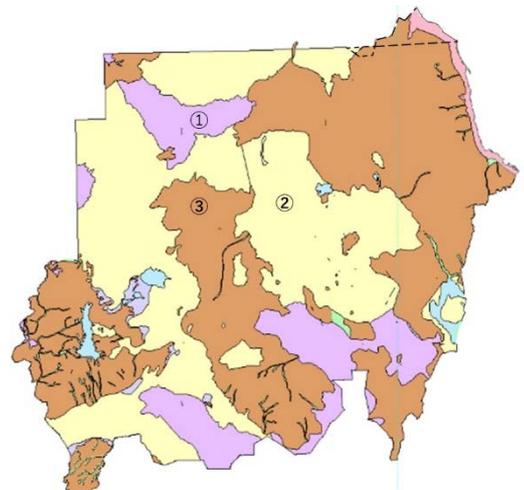


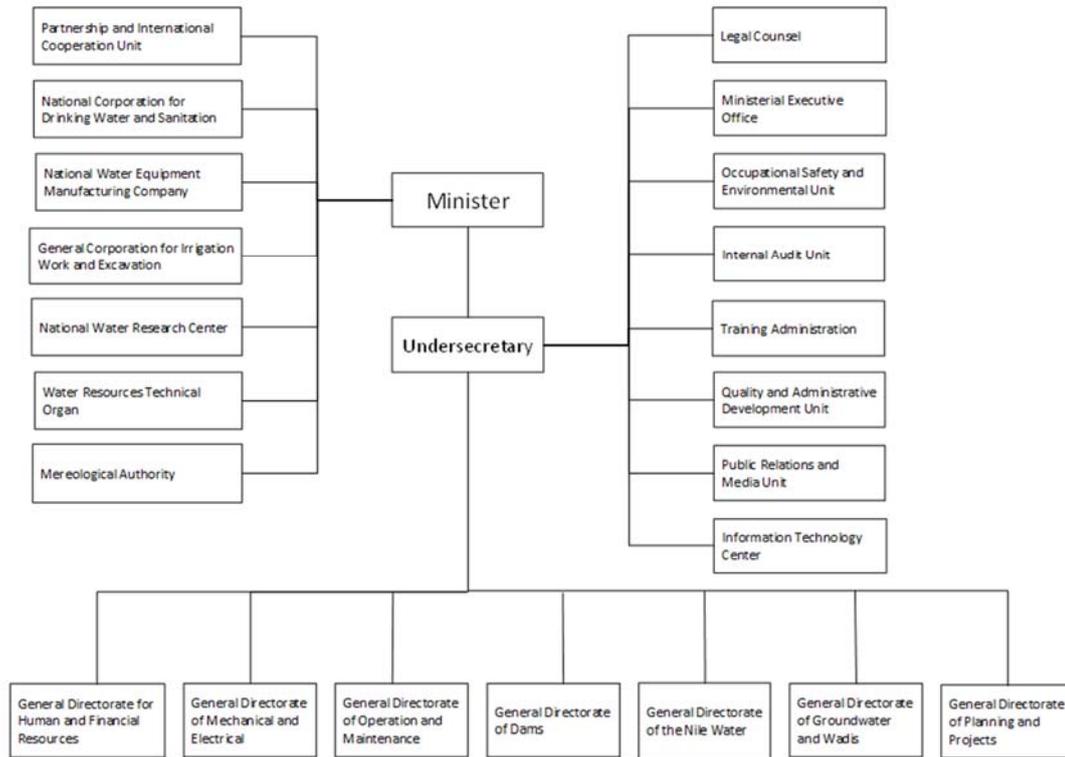
図2-2 スーダンの水文地質図

出典：Hydrogeology of Sudan, British Geological Survey

2.2 組織制度の概況

(1) 灌漑・水資源省

水資源を担当する省はプロジェクト期間中に再編され、新しい名称は灌漑・水資源省（MIWR）となった。組織図は下図の通り。



出典：Organizational Structure and Job Description, 灌漑・水資源省

図 2-3 灌漑・水資源省組織図

(2) 水資源に関する法規制

水資源に関する主な法規制を次表に示す。

表 2-1 スーダンの水資源に関する法規制

名前	年	内容
水資源法	1995	スーダンの水資源に関する核となる法律であり、2021年に修正された。国家水資源評議会の創設、その機能と権限を定めている。
環境保護法	2001	水資源を含む環境を保護する方法を定める。
表流水規制	2016	1995年水資源法を補足するものであり、表流水のライセンス制度を規定している。
地下水規制	2016	1995年水資源法を補足するものであり、地下水のライセンス制度を規定している。
灌漑および排水規制	2016	1995年水資源法を補足するものであり、灌漑用水のライセンス制度を規定している。

出典：各法規制

(3) 水資源政策

水セクターには 2 種類の戦略文書として、IWRM に関する国家戦略（2007 年）と、スーダン水セクター戦略（2021 年-2031 年）がある。前者の IWRM 国家戦略は、IWRM に関する包括的な政策文書であり、スーダンにおける水資源の一般的な状況と、スーダンにおける IWRM の促進に関する一連の推奨事項を提示している。後者は、2021 年に策定された「スーダン水セクター戦略 2021-2031 - スーダンの人々の生計を変革するための灌漑・水資源省の約束（以下、水セクター戦略）」と呼ばれる戦略であり、1) 国家灌漑転換計画（NITP）、2) 国家給水転換計画（NWS-TP）、3) 国家水資源管理変革計画（NWRM-TP）から成る 3 つの革新的な戦略計画によって運用されることが予定されている。

2.3 社会と文化

(1) 人口移動

スーダンにおいては継続的に人口の大きな移動があるため、正確な人口を算出することは困難である。第一に、スーダンは脆弱国家に囲まれているため、近隣諸国からの難民を多く受け入れている。また、ダルフル地方、南コルドファン州、青ナイル州での国内の紛争により、スーダンから近隣諸国にも多くの難民が移動している。加えてスーダン国内においても、多くの国内避難民(IDP)がIDPキャンプやスーダンの他の村や町に逃れている。2022年11月の時点で、スーダンは近隣の国家から110万人の難民を受け入れるとともに、370万人の国内避難民が存在する¹。第二に、人々は経済的機会を求めて農村部から都市部に移動しており、洪水や干ばつも人々の移住を余儀なくさせている。こうした要因は急速な都市化にもつながっている。

また、スーダンの特徴の一つは遊牧民人口が多いことであり、2008年の人口調査ではコルドファン及びダルフル各州の人口の10%以上を遊牧民が占めていた。

(2) 民族

スーダンの民族および言語的多様性は、世界でも複雑だと言われている。主にアラブ半島から移住したアラブ起源の民族と、ヌビアン(北部州)、ザガワ(ダルフル)、マサリット(ダルフル)、ヌバ(南コルドファン)などの国境近くの非アラブ先住民グループがある。各部族には、植民地時代に英国によって制度化されたNative Administrationと称される伝統的な統治制度がある。現在、この伝統的統治制度は主に紛争解決と天然資源管理の面で機能している。シェイク、オムダ、ナジールと呼ばれる伝統的なリーダーがおり、複層的な制度となっている。

(3) 生計

スーダンでは伝統的な天水農業及び牧畜が一般的な生計手段となっている。具体的な手法は地域によって異なり、灌漑農業(表流水)は、青ナイル、白ナイル、及び合流したナイル川沿いで行われている。大規模な灌漑スキームではプランテーションによって、主にサトウキビや綿などの換金作物を生産している。センナール州と白ナイル州には、サトウキビの灌漑地に加えて、砂糖加工工場もある。農業を行うには十分な降雨量がないスーダンの中央部には、ラクダの放牧地が広がっている。南部では牛の牧畜が行われている。南東部では半機械化天水農業が見られる。南西部では自家消費用のソルガムとキビが生産されている。

(4) ジェンダー

水セクター戦略では、課題の一つとしてジェンダー視点の欠如を挙げ、女性を含めた利用者の参加促進を謳っている。しかし実際には、伝統的および宗教的規範、文化、慣習により、女性が意思決定に加わることに、男性と同等の権利を持つことが妨げられている。特に農村地域で女性参加の難しさが見られるが、実情は部族や地域によって異なる。

(5) 参加型アプローチ

水分野に限らず、これまでスーダン政府はボトムアップや参加型のアプローチではなく、トップダウンによる政策アプローチを採用してきた。そのため、水資源管理には様々な利害関係者による協議と調整が必要であるが、これら関係者の参加を促進するための制度的枠組みが存在してこなかった。

¹ Overview of Refugees and IDPs in Sudan as of November 2022, UNHCR

第3章 第1期の活動と成果

3.1 第1期の活動

本プロジェクトは第1期と第2期に分けられ、第1期は2016年8月から2018年1月まで実施された。第1期の主な目的は連邦政府における IWRM の実践であり、スーダン全国を対象として水収支評価（成果1）と水資源に係る問題分析（成果2）を行い、定量的情報と定性的情報の両面により各流域における水資源の現状を分析した上で課題を把握した。第1期の連邦政府における活動を通して、第2期において水問題解決の実践を行う対象として優先順位の高い地域と課題を選定した。以下の活動をC/Pと協働で実施することにより、技術移転も行った。

3.2 水収支の分析

3.2.1 水収支解析の方法論

水収支解析は、i) 表流水と地下水の水資源ポテンシャル、ii) 水資源開発・供給のための施設能力、iii) 水需要（参照）の3要素のバランスによって評価される（図3-1参照）。

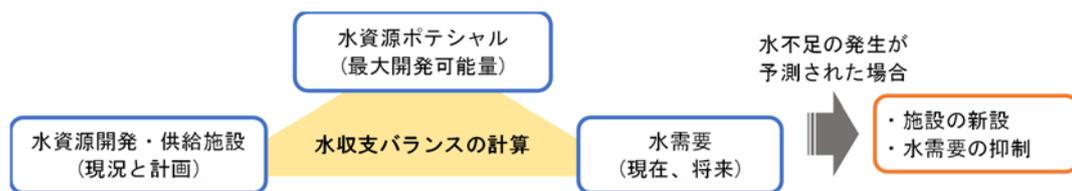


図3-1 水収支の3要素

3.2.2 水資源ポテンシャルの評価

(1) 表流水資源ポテンシャルの評価

河川流出量は表流水の水資源ポテンシャルを表している。これは、降雨-流出解析を用いて計算され、3つの主要な項目である入力データ、パラメータ（条件）、計算モデルから算出した。

河川流域の定義

地形データに基づき河川流域を設定した。また、GISを用いて河川の流れ方向を推定した。その結果、スーダン全国を177の小流域に分割し水収支解析の対象として設定した。さらに、今後のスーダンの水資源管理・開発の観点から、これらの小流域を12の大流域に分類した。この12流域の区分は、今後の水資源管理・開発のために適用されることが推奨される。

降雨解析

スーダン国気象庁の観測データを約30ヶ所の観測所から収集し計算に活用した。一方、JAXAのGSMaPを始めとする複数の衛星観測データがスーダン全土をカバーしており、高解像度のデータが公開されているため、これらも活用した。

蒸発散量解析

潜在蒸発散量（PET）はHamon式により解析した。このうち温度のデータソースに関する状況は、降雨データの場合と同様に観測所と衛星データの両者を使用した。

降雨流出モデルの構築

降雨流出計算モデルはSHETRANを使用した。降雨流出モデルのイメージを図3-2に示す。SHETRANはグラフィカルユーザーインターフェイス（GUI）による簡単な操作と、土壌や植生条件のデータベースを備えており、スーダン全域の表流水ポテンシャルの概略計算という目的に適しているため、スーダン全域の降雨流出解析に使用した。

表流水ポテンシャルの評価

SHERTN を使って表流水ポテンシャルを算出し、長期間の平均年流出量や流出率などを計算した。その結果を図 3-3 に示す。河川流出率は 5%以下であり、ほとんどの小流域で 1%以下である。また、スーダン全体の表流水の年間総排水量は 4.05BCM と推定された。

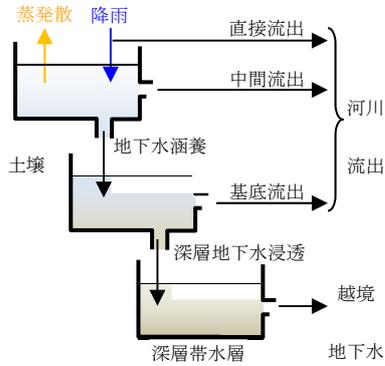


図 3-2 水資源ポテンシャル評価モデルのイメージ

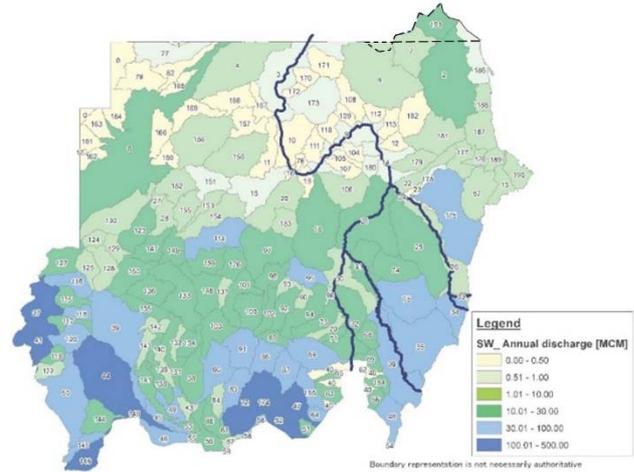


図 3-3 表流水ポテンシャル

(2) 地下水ポテンシャルの評価

帯水層分類

スーダンの水文地質図は第 2 章の図 2-2 に示した通りであり、帯水層は 3 種類に分類される。この帯水層の分類に従って地下水の開発・管理計画を策定した。地下水涵養量は土壌の水収支を利用して推定した。土壌水収支は、33 年間（1980-2013）の日降水量を用いて解析した。地下水涵養量 (GR) は年降雨量 (P) を使って次のような関係で表される。

$$GR = 5.00 \times 10^{-4} \times P^{2.43} \quad (\text{図 3-4 参照})$$

GR : 地下水涵養量 (mm/年)

P : 降水量 (mm/年)

解析の結果、スーダン全体の年間平均地下水涵養量は 25.7mm/年であり、年間平均降水量の 12% に相当する。また、地下水の涵養量は 24BCM/年と推定される (図 3-5 参照)。

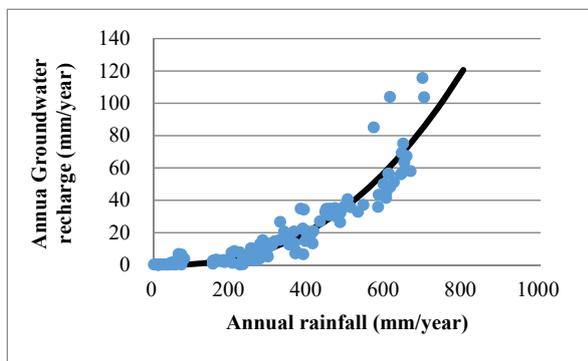


図 3-4 降雨量と地下水涵養量

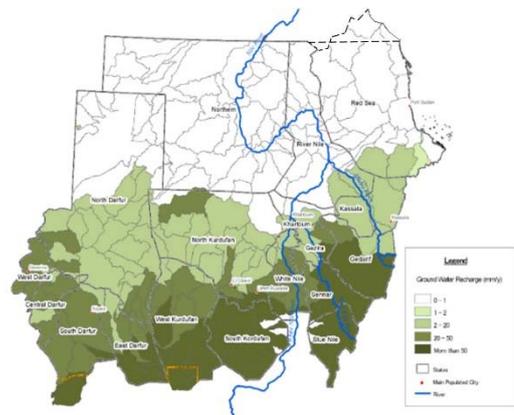


図 3-5 小流域ごとの地下水涵養量

3.2.3 水資源開発・供給施設

水資源開発・供給施設として、表流水の場合は、ダムとハフィールド（ため池）が代表的な施設である。恒常的な流水のあるナイル川の場合は青ナイル川・アバトロ川に大型ダムが合計4基、白ナイル川には大型ダムが1基建設されている。非ナイル地域では、雨季の降雨を貯水する小型ダム（Rainwater harvesting dam）がワジを横断し建設されている。またハフィールドがワジに沿って建設されている。ワジの流水を短い水路を經由してハフィールドに導水している。また集水地形を利用して降雨を集めるハフィールドもある。小型ダムもハフィールドも雨季の降雨を貯水する施設であり、乾季に貯水の補充はないため貯水の持続性には不確定な要素が強い。

地下水は井戸を通じて揚水される。浅層帯水層から取水する浅井戸と深層帯水層から揚水する深井戸がある。浅井戸は深さが20m以下の手掘り浅井戸（shallow dug well）と機械掘削の井戸（borehole）に分類される。深井戸は機械掘削で掘り300mまでの深さが一般的である。雨季と乾季を問わず通年で井戸からの揚水が可能である。

3.2.4 水需要の推計

(1) 生活用水の供給

家庭用水は、飲料水、調理水、入浴水、洗浄水その他日常生活で使用する水のことであり、一般に、給水人口の増加だけでなく、ライフスタイルの変化や生活水準の向上によって増加する。1日あたりの平均的な家庭用水使用量は、給水人口に単位水量（LCD）を乗じて算出した。

水需要予測の方法は、人口、水需要予測に基づく集落の分類、水道の普及率、対象人口、単位水使用量を用いて算定した。2015年の総水需要（都市・村落・遊牧）は223MCMであり2035年は519MCMとなった（図3-6参照）。

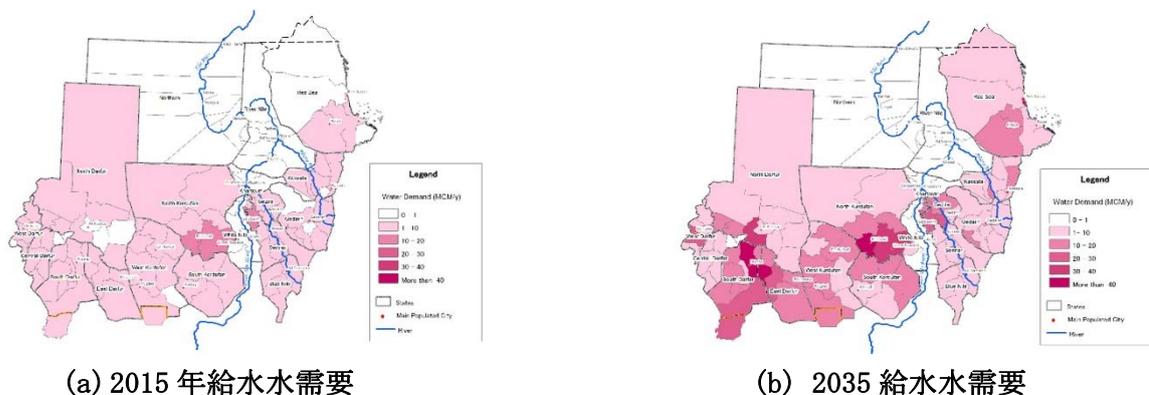


図 3-6 給水需要

(2) 農業（灌漑）

灌漑農業用水需要の現状推計（2015年）

灌漑水量は、主要作物の単位水量と作物生産量から得られる。水需要は各小流域と作物群の必要水量の合計である。また、今回の灌漑用水必要量の推計では、洪水灌漑の必要水量は灌漑用水需要量として考慮しないものとする。

まず、スーダン全土を4つの各農業気候区（ACZ）に分類した（図3-7参照）。

灌漑農業用水需要案（将来）の推計（2015年）

作物水分要求量は土壌タイプ、気温（最低・最高）、降水量、相対湿度、蒸発量、風速、日照時間、小流域の作付けパターンと作付面積、土壌の種類を使って算定した。その結果、2015年時点での水需要推計として、全体の水需要は年間16,117MCMとなった。

灌漑農業用水需要案（将来）の推計（2035年）

2035年の将来の灌漑農業の水需要を推定するために、スーダンの灌漑開発・リハビリ計画や戦略に関する様々な報告書を参照し、加えて IWRM の推進による水需要の抑制を検討した。その結果、地域ごとの水需要は図 3-8, 9 の通りであり、全体の水需要は年間 29,980MCM となった。

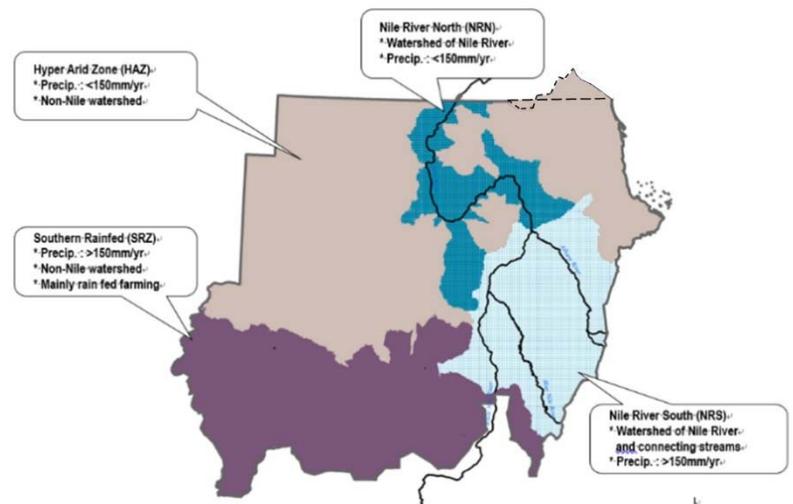


図 3-7 農業気候区 (ACZ)

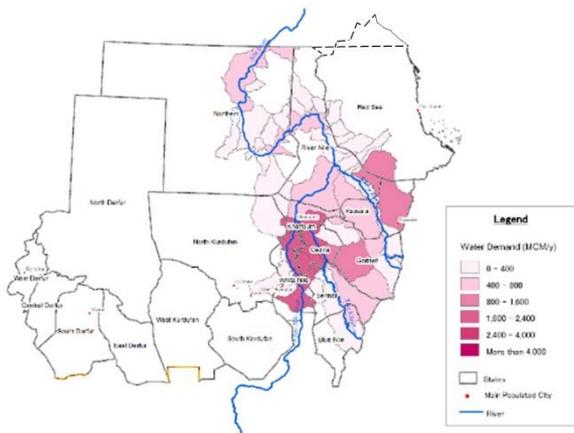


図 3-8 灌漑農業の水需要(2015年)

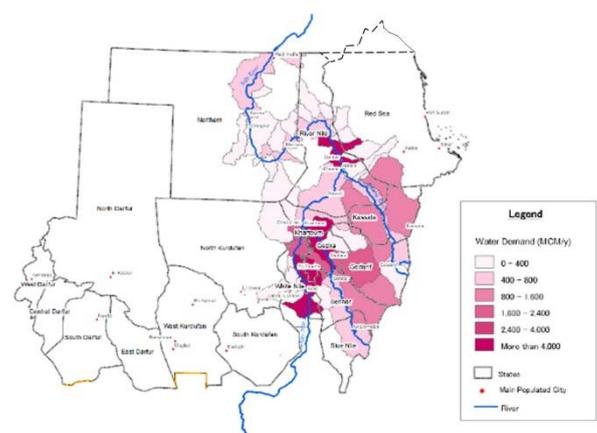


図 3-9 灌漑農業の水需要(2035年)

(3)家畜

家畜のための現在（2015年）と将来（2035年）の水需要量を推定した。家畜の水需要を推定するため、現在と将来の家畜頭数を推計し、FAO が提案した熱帯地域の家畜一頭あたりの標準的な水必要量を乗算した。その結果、全体の家畜の水需要は2015年で338MCM、2035年で381MCMとなった。

3.2.5 水収支の分析

(1) 2015年の水収支解析

現在の水供給能力を知る目的で2015年における水収支解析を行った。まず現状の既設ハフィール・ダム・井戸の情報を収集した。次いで、以下の手順で2015年の水収支を解析した。

- a) 長期降雨・流出解析のために区分した177の小流域を対象に水収支解析を実施した。
- b) 長期降雨・流出解析により得られた月別のワジ流量（ $m^3/月$ ）および地下水涵養量（ $m^3/年$ ）を小流域に与えた。加えて、2015年の都市、農村、遊牧民、家畜の水需要を小流域に割り振った。

以下に、水収支解析の結果を示す。

総水資源量

表流水と地下水を合わせた全体の水資源ポテンシャルを図 3-10 に示す。総論として、スーダンの北半分は南半分比べて水資源量が少ないことがわかる。

2015 年の総水需要量

都市・農村・遊牧民・家畜への給水を含めた総水需要量を小流域別に図 3-11 に示す。地域としては、ポートスーダン、カッサラ、青ナイル、南ダルフールの 4 つの水需要が 10~20MCM/年と非常に高い。総じて、水需要はスーダン国内で偏在している。

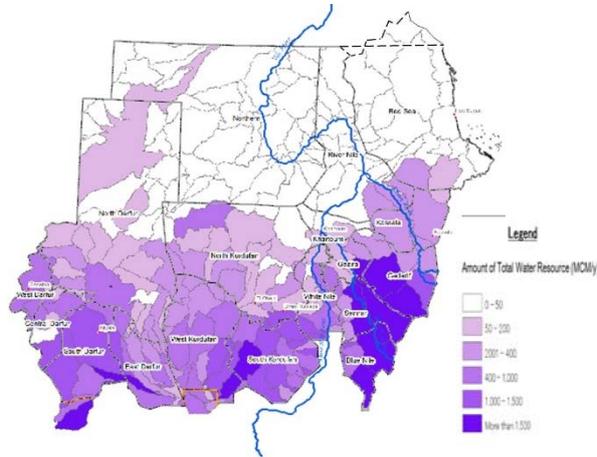


図 3-10 総水資源量

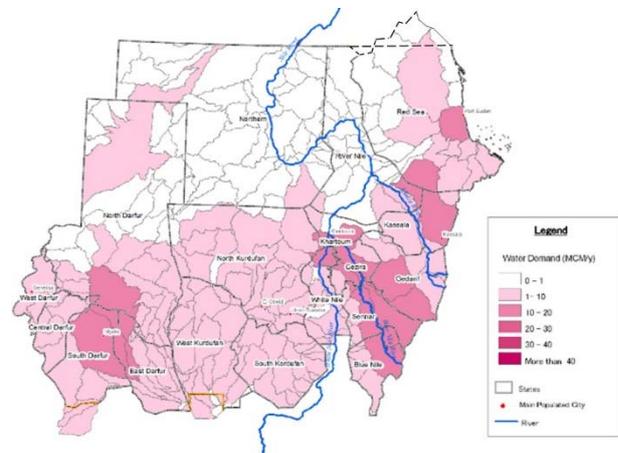


図 3-11 2015 年度の総水需要量

水需要量/水資源量の割合 (2015 年)

図 3-12 は、2015 年の水需要量と水資源量の比率を小流域ごとに示したものである。一般に、水需要量と水資源量の比率が高いほど水不足に陥るリスクが高い。この比率が高い地域 (1-50%) は水需要自体の値が大きいのが特徴である。水需要の分布は水資源の分布に比べて偏っていることがわかる。

表流水用施設の必要容量 (2015 年)

2015 年の水需要に対するハフィール・小規模ダムなどの表流水供給能力を小流域別に集計し図 3-13 に示す。この情報は既設施設の容量を示すものであり、2035 年の水需要を満たすために今後どれだけの表流水供給施設が必要かを推定するためのベースラインとなる。

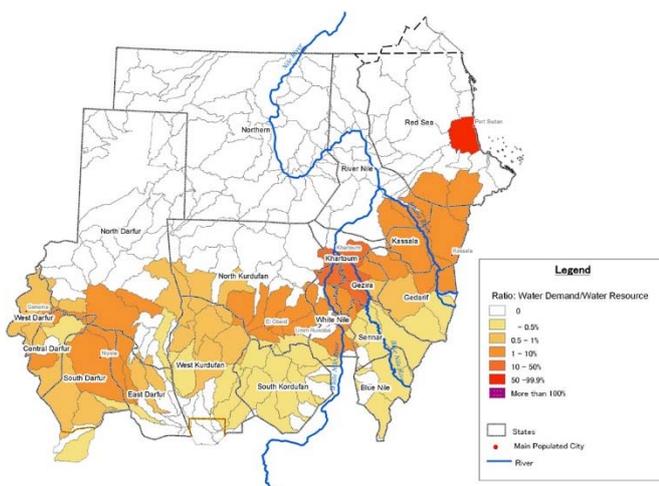


図 3-12 水需要量/水資源量の比率 (2015 年)

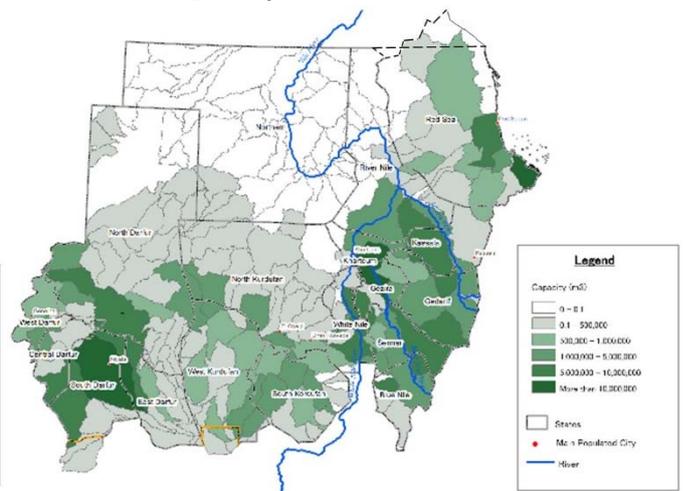


図 3-13 表流水用施設の必要容量 (2015 年)

(2) 2035 年の水収支解析

2035 年の水収支解析は以下に説明する手順で実施した。水資源ポテンシャルは雨季と乾季の間で変動しているため、水供給能力が水需要を下回る時期が存在することになる (図 3-14 参照)。この

期間を最小化することが、水供給施設計画における重要なポイントである。

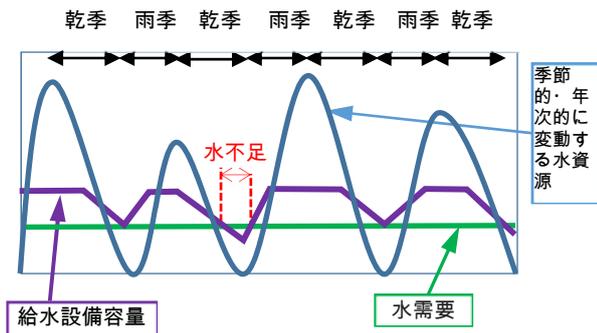


図 3-14 設備計画の重要ポイント

小流域は深刻な水供給不足になると予測される。

2035 年の総水需要量

図 3-15 は、都市・農村・遊牧民・家畜の水供給を含む 2035 年の総水需要を示したものである。水資源の分布のパターンは 2015 年とほぼ同じであるが、水需要の分布はより偏在化することがわかる。

水需要／水資源量の割合 (2035 年)

図 3-16 は、2035 年の水需要／水資源の比率を小流域ごとに示したものである。地域全体では、2015 年と比較してかなり高い比率を示している (図 3-15 と比較)。2035 年には、この比率が 30% を超える小流域は深刻な水供給不足になると予測される。

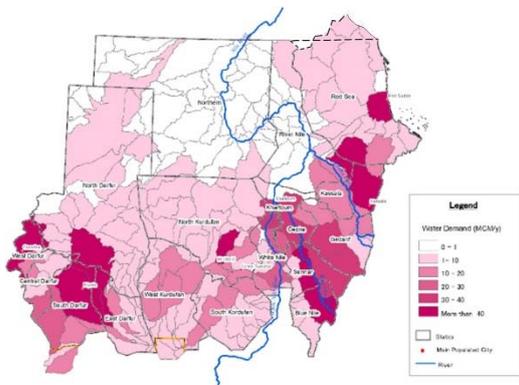


図 3-15 2035 年における総水需要量

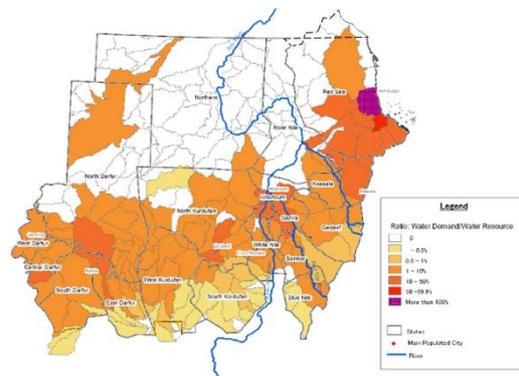


図 3-16 水需要／水資源量の比率 (2035 年)

表流水用施設の必要容量 (2035 年)

2035 年の表流水の必要施設容量を図 3-17 に示した。この図は 2015 年の既存施設を含むハフィールド・小規模ダム等の総貯水量 (m³) を示している。

井戸からの必要揚水量 (2035 年)

2035 年の井戸からの必要揚水量を図 3-18 に示した。なお、一般に、個々の井戸の揚水量が大きな堆積岩地域では必要な井戸本数は少なくなり、逆に井戸の揚水量が小さい基盤岩地帯では必要な井戸本数が多くなるため、そうした傾向を踏まえて地域ごとに必要な井戸の本数を決めていく必要がある。

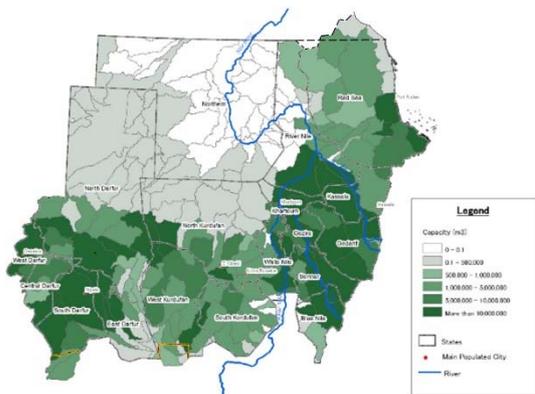


図 3-17 表流水貯水施設の必要容量 (2035 年)

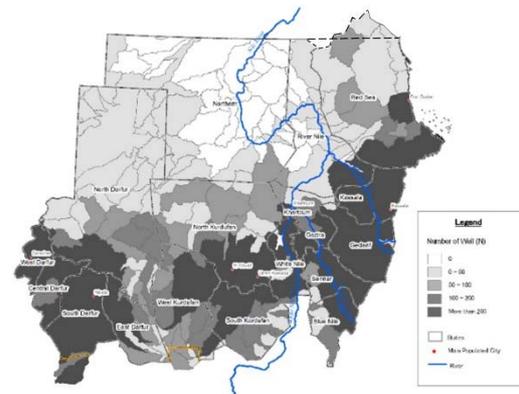


図 3-18 井戸の必要揚水量 (2035 年)

(3) 建設費用

2035 年の水需要に対応するための水開発施設の建設費用を流域別に試算した結果を図 3-19 に示す。図からわかるように、流域によって建設コストに大きな差があり、No. 3、6、7、9、10 流域は、他の流域に比べて建設コストが大きい。特に、No. 10 流域の建設費が突出している。

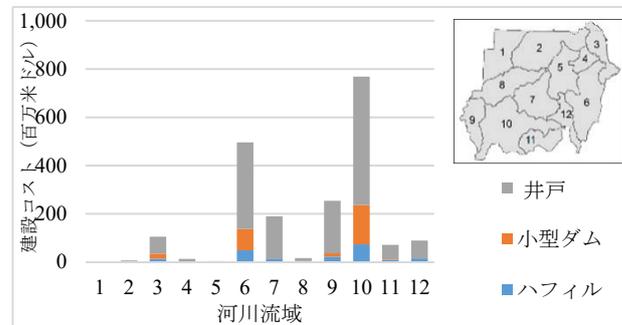


図 3-19 州ごとの水資源開発コスト

3.2.6 水収支解析から得た知識と教訓

(1) 主な解析成果

水収支解析の実施により、以下のような知見が得られた。

ワジ流の特徴

ワジ流量の年変動・季節変動は非常に大きく、平均値で水資源量を評価することは妥当ではない。持続的な水供給のためにはワジ流量を年間・月間の最小流量で議論する必要がある。スーダンの水需要の総量は水資源総量のわずか 2% にすぎない。しかし、雨季と乾季が明確に分かれており、乾季の 8 ヶ月間は雨が降らないため、年間を通じて利用できる水資源量は限定されている。したがって、水を持続的に利用するためには雨季の降雨を貯水する施設の利用が必要である。スーダンでは、歴史的に表流水の開発が地下水の開発に先行していたが、近年、先進的な井戸掘削機の開発により、多くの井戸が比較的容易に掘削可能となった。こうした開発技術を活用し、雨季に表流水を使い乾季に地下水を使うといった、表流水と地下水の連携利用を推進することが望まれる。

水収支・水資源開発計画

図 3-19 に示したように、表流水の開発単価は地下水の開発単価よりも低い。また、一般に井戸の場合は水供給のための揚水コストがダムやハフィールの場合と比べて高いため、表流水施設は運転コストも地下水よりも低くなる。したがって、非ナイル地域での地下水開発に先行して表流水開発を行い、地下水は表流水の不足を補うように開発・運用するのが効率的である。ただし、表流水は地下水よりも多くの水処理を必要とすることに注意しなければならない。

降雨特性

降雨量は年によって大きく変動する。したがって、平均的な降雨量に基づいて水供給計画を立てることに意味はない。スーダンの降雨状況の傾向として、以下の事項が認識された。

- 降水量の少ない地域ほど、降水量の変動が大きい。
- 降水量の少ない地域は、干ばつ時の降水量の変動も大きい。干ばつ時の降雨量は、時には極端に少ない、ほとんどゼロとなることもある。
- したがって、降雨量が少ない地域ほど、効率的な水資源管理が難しくなり、水不足のリスクも高まる。

スーダンの河川流域の60%は、2035年の水需要を表流水だけでは持続的に供給することは不可能である。これは、これら小流域の渇水時の流量が非常に小さいためである。したがって、スーダンの多くの小流域で2035年の水需要を表流水だけで満たすことは不可能であり、地下水と表流水の連携利用が必要となることを意味する。

自然条件と水供給のパターン

降水量と地形・地質の要素は、スーダンの水資源を支配する最も基本的な条件である。これら2つの要素は4つの組み合わせ(2×2)を作り出し、水資源開発の性質を決定する(図3-20参照)。水資源開発は、こうした性質を考慮して実施されなければならない。

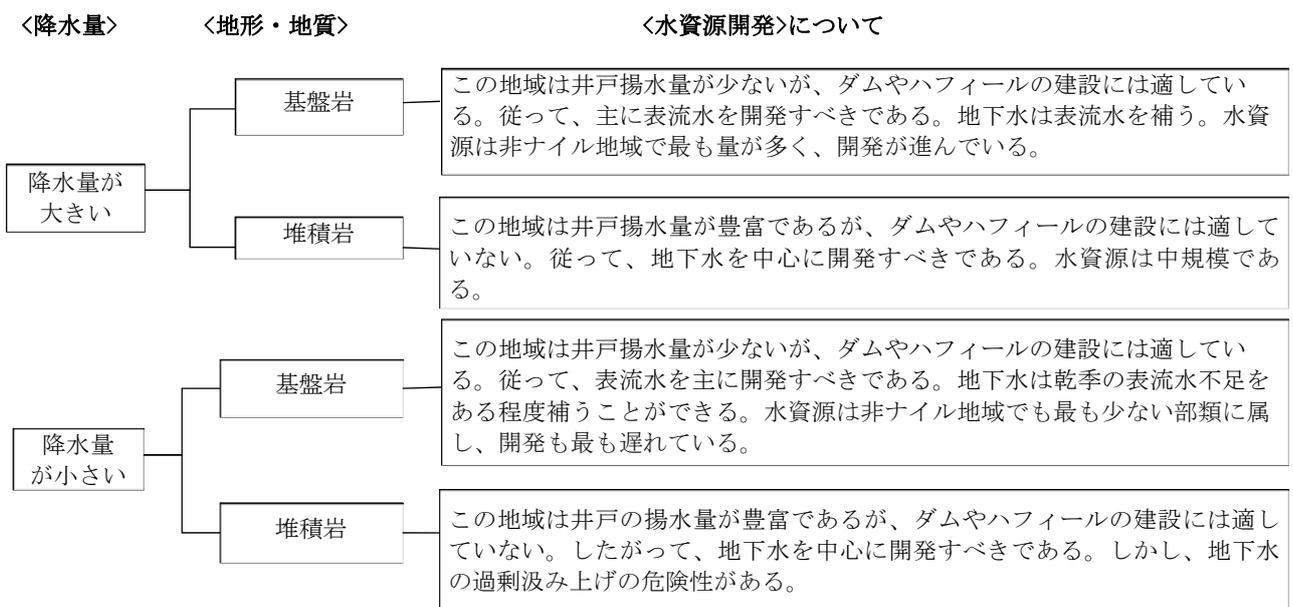


図3-20 スーダンの水資源開発の典型的なパターン

(2) 教訓

水収支分析から以下の教訓が得られた。

水資源ポテンシャル評価の技術的根拠

スーダンの水資源ポテンシャルはいくつか既往文献で発表されている。しかし、その理論・技術的根拠を示す情報はない。今回の水ポテンシャル解析は、スーダン全土を対象とした体系的な水資源ポテンシャル解析の最初の試みであった。今後、水資源技術者が本解析結果を利用する際には、本プロジェクトの報告書から解析の理論や技術的根拠を理解する必要がある。SHETRANによる解析結果は、解析の最初のステップと考えるべきであり、今後、同様の解析を行う技術者によって解析の精度を高めていくことが望まれる。

渇水時の水使用率

水収支解析で計画した給水施設は、10年周期で起こる干ばつへの対応を可能とする設計方針で計画した。しかし、スーダンのように雨季と乾季が明確に分かれ、年間降水量が少なくまた変動が激しい国では、このような基準を適用することは現実的でない可能性がある。渇水期の単位消費量(ℓ/人・日)を平年より低く設定することが現実的である。現行の基準は、都市部90ℓ/人・日、農村部30ℓ/人であるが、干ばつ年におけるより現実的な消費原単位を今後検討するべきである。

スーダンの水文的特徴

スーダンの水文は、乾燥・半乾燥気候やスーダンの独自の地形・地質環境などの影響を受けて特殊な特徴を有している。そのため、スーダンのワジの流出メカニズムにはまだ多くの未知の部分がある。また、ワジ流出に関する既存のモニタリングデータの精度が低く、流出解析モデルのキャリブレーションが困難で信頼性に欠ける。したがって、より信頼性の高い水収支解析を実現するために、降雨によるワジ流出と地下水涵養のメカニズムを明らかにするための研究を強化することが強く望まれる。

3.3 スーダン水資源分野の課題

3.3.1 スーダンの水資源セクターにおける課題の全体像

第1期での水収支分析作業を通しての発見や、MIWR 各部局および関連省庁を対象とする問題分析ワークショップの結果、並びに再委託による全国水資源調査などの結果を統合して、スーダンの水資源セクターの課題を明らかにした。図 3-21 にその全体像を示す。

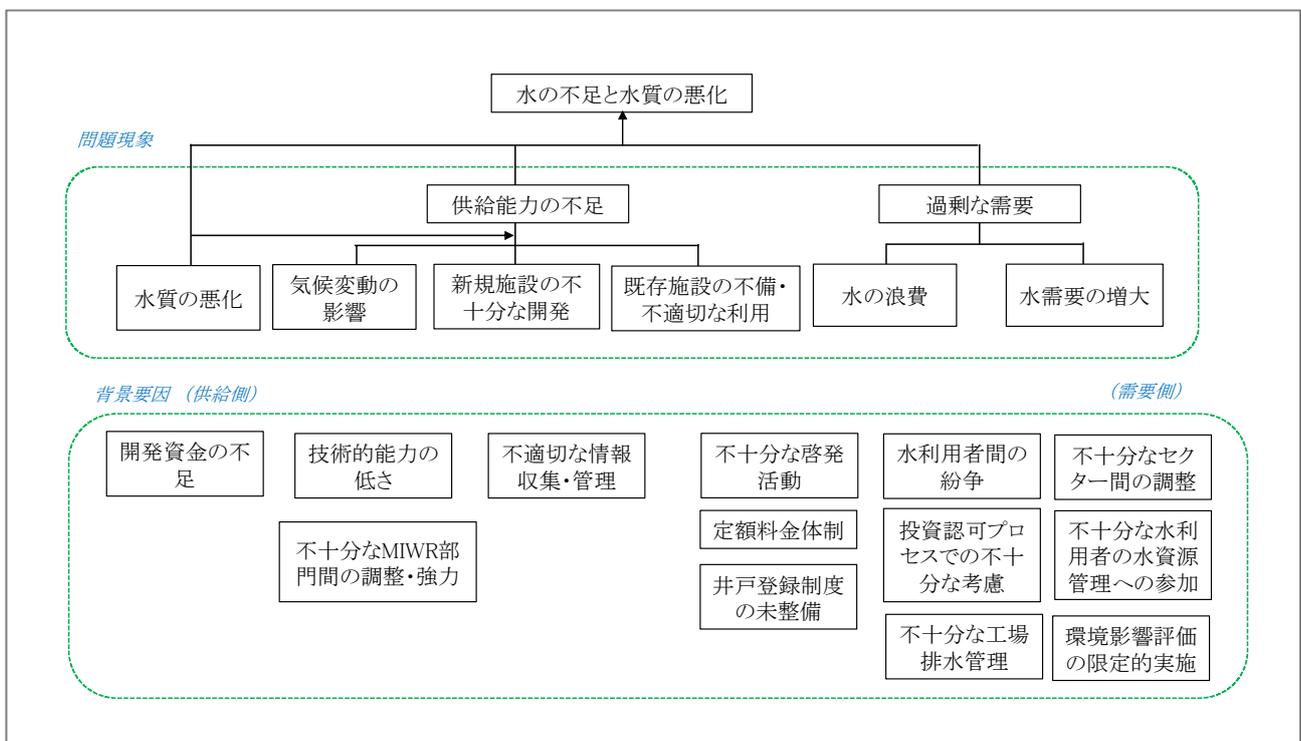


図 3-21 スーダンの水資源セクターにおける課題の全体像

スーダンの水問題は、量の面における水の不足と、質の面における水質の悪化に集約される。量の面では、気候変動、新規施設の不十分な開発、既存施設の不備等の供給側の要因と、水の浪費、需要の増大等の需要側の要因が見られる。水質の悪化は、衛生問題を引き起こすなどそれ自体が問題であると同時に、安全な水の量を減少させるという供給面の要因にもなる。このような水に関わる様々な問題現象を引き起こす背景要因として、技術面、制度面、社会面、財政面など諸々の要因が存在する。

3.3.2 水に関わる問題現象と背景要因

(1) 主な問題現象

供給面では、以下のような問題現象が存在する。

- 不十分な新規施設の整備：開発資金の不足、技術力の不足などにより、水供給施設の整備が需要増に追いつかない。
- 既存施設の不備・不適切な利用
 - ✓ 地下水位の低下：全国の浅層および深層帯水層で、過剰揚水の結果、地下水位の低下が起こっている。主な原因は灌漑用水の過剰揚水であり、浅層帯水層の場合は自営灌漑農家による過剰揚水が、深層帯水層の場合は大規模農業投資から生じる過剰揚水が見られる。地下水位の低下の結果、地下水資源が枯渇することが想定される。
 - ✓ 基盤岩地域の水不足：基盤岩地域は地下水の賦存量が乏しく、もともと少ない降雨量のもと、3～4ヶ月の雨季の降雨をダム、ハフィールなどに貯水し、残りの8～9ヶ月の乾季の間の需要を賄っている。しかし、乾季の終わりに近づくにつれ水が不足し、水売りから水を購入せざるを得ないケースも多々見られている。
 - ✓ ナイル川の流路：ナイル川の流路が季節によって変わるため、既存の取水施設が使えなくなる時期がある。また、堆砂により取水施設が使えないケースもある。
 - ✓ 地方都市の給水システムが老朽化し十分な機能を果たせず、増加する水需要に追いついていない。
 - ✓ 堆砂、漏水等により、ダム、ハフィールの供給能力が減少している。
- 気候変動の影響：気候変動は、降水量の減少、一時的豪雨の増加と洪水、旱魃の増加などを招いており、安定的な水供給を難しくしている。
- 水質の悪化
 - ✓ 地層中の塩分、フッ素（F）、海岸地帯での海水侵入など自然要因による地下水の汚染が起こっている。特に深層地下水に多く見られる。
 - ✓ トイレからの未処理汚水、作物栽培用化学肥料の余剰分の流出などが浅層地下水を汚染している。
 - ✓ 表流水の汚染として以下が挙げられる：(i) 砂糖工場からの未処理排水が一貯留池に流入し、そこから表流水、地下水が汚染する (ii) 灌漑用水路の水が家庭用に引水され未処理状態で利用される (iii) 遊牧民が都市給水用パイプから盗水することで、破損部分から汚染水が流入し下流の都市住民に供給される (iv) 動物と人間が同じハフィールを使うことで動物の排泄物が水質を悪化させる、ゴミの投棄、浄水設備の欠如などがハフィール水質の悪化をもたらしている。

需要面では、以下のような問題現象が存在する。

- 適正な灌水量に関する正しい知識を欠く農民が多く、過剰灌漑を行っている。過剰灌漑による作物収量の減少、ナイル川地域での地下水位の低下による建物の崩壊などの問題も生じている。
- 定額料金体系のもと、都市住民は水の利用量に対する関心が薄く、水を浪費しがちである。
- スーダンの急速な人口増加が水の浪費と相まって水需要を増大させている。

(2) 問題現象を引き起こす背景要因

以下のような技術面、組織・制度面、社会面の背景要因が上述の問題現象を引き起こしている。

1) 供給面の背景要因

- 不適切な情報収集と管理
 - ✓ 地下水及び表流水のモニタリングが限定的である。モニタリングの目的は、水資源ポテンシャルの評価、水源施設の効果的な運用、規則の遵守の確認の三つの目的で行われるが、スーダンでは、水資源ポテンシャルの評価のためにモニタリングが行われている例が限定的に見

られるのみである。

地下水の場合は、スーダンの降水量の少なさから地下水涵養量も小さいため、地下水位をモニタリングしながら揚水量を調節する必要があるが、ほとんど行われていない。また、ヌビア砂岩地帯の滞水層は化石水で涵養がないにもかかわらず、モニタリングが行われないまま利用されている。

また、モニタリングデータが不十分なまま水源施設の設計が行われているため、しばしば施設の不具合が生じている。

- ✓ 少ないながらも収集されているモニタリングデータの共有が非常に限定的である。多くのデータが集められながらも適切に管理されていないことで、各事業の終了後に使える状態になく他事業に活用できない、データが管理されていても不必要な守秘義務が課せられ関係者間で共有されていない、などの状態となっている。

データ共有は水資源開発の初期段階での関係者間の合意形成のために必要不可欠であるが、その部分が欠落したことで連邦灌漑・水資源省、州政府、地元コミュニティが対立し、給水事業が頓挫した事例も見られる。

• 技術的能力の低さ

担当技術者の技術的能力の低さが問題である。その原因として、能力に見合った地位と収入が得られないことで技術職員のモチベーションが低いという組織的問題が存在する。その結果、非ナイル地域の水資源開発を担当する地下水ワジ局（GWWD）は、シニア技術者の経験を継承すべき若手技術者が欠けており、2019年以降改善はしているものの、GWWDがDIU（Dam Implementation Unit、ダム開発局）のコンサルタント的地位に甘んじているといった状況にある。

水資源開発計画が流域を単位として策定されないことで、施設が建設されたものの機能不全に陥ることがある。安全揚水量に関する科学的知識が欠如しているため、無制限な地下水開発が進み地下水位の低下をもたらしている。

• 不十分な施設の維持・管理

ハフィールドの利用料金が低く設定されているため、十分な維持管理が行えていない。都市給水、村落給水については、スペア部品の不足から、施設の保守が不十分で機能が低下している。農村部の給水施設の場合、VWSC（village water supply committee）の機能が不十分なため、水利用者が維持管理に十分に関わらず、適切な維持管理がなされない。灌漑用水路の維持管理も不十分なため、堆砂、雑草の繁茂が起こり水路の送水容量を減少させている。

2) 需要面、社会面、制度・組織面の背景要因

- 節水意識の欠如：都市給水の一般家庭の水利用者には定額料金体制が適用されており、水利用者は利用量にかかわらず一定額を支払うのみである。啓発活動の少なさも相まって、節水意識が低いことが水需要の増加をもたらしている。灌漑農家は適正灌水量の知識に乏しく、必要以上の頻度・水量での灌水を行いがちであり、灌漑用水需要量を必要以上に押し上げている。

• 社会的対立

特にスーダン南部地域において、遊牧民と農民の対立が水源へのアクセスを狭めている。農民が農地を拡張したことにより、遊牧民は従来の遊牧経路が妨げられ、迂回路を探さざるを得ないことから水へのアクセスが悪くなっている。また、民族対立も水問題が原因となっていることが多い。

加えて、都市給水利用者の中でも、上流の農民と下流の都市住民の間などで、また上流に住む住民と下流に住む住民が水を巡り対立するケースが多々発生している。

- 部門間調整の不足：連邦レベル及び州レベルで部門間の調整が行われないため、灌漑用水と水力発電間の不適切な水配分等、部門間の水配分の問題が生じている。1990年代に設立された国家水資源協議会（National Water Resources Council、NWRC）はこのような状況を打開するために設立されたが、数回の会議を開いたのみで休眠状態に陥り、現在まで機能していない。水資源、農業、家畜、エネルギーなどのセクター間の調整が特に重要である。
- 大規模農業投資の認可プロセス：近年、外国投資による大規模農業投資案件が増加しており、地下水を水源として活用するケースが多いが、投資認可の段階で水資源の面が十分に考慮されていない。そのため安全揚水量の概念が欠落したまま投資が認可されており、地下水源の枯渇リスクを増長させている。
- 地下水ライセンス制度の未普及：2016年に施行された地下水法は、地下水開発と利用の登録を義務付けているが、現場で十分に適用されていない。そのため、適正な地下水開発水準と揚水量に対する判断が欠如したまま許可が与えられ、井戸掘削が無制限に進んでいる。
- 工場排水規制の欠如：スーダンには、工場排水に関する規制が存在しないことから、白ナイル及び青ナイルで砂糖工場の排水が未処理のまま排出され、水質を悪化させている。
- 環境影響評価の未浸透：2001年の環境保護法でプロジェクト実施者による環境影響評価の実施が義務付けられたが、義務内容、プロセスなどに対する実施者及び政府関係者の理解が低いため、実施されるケースが少ない。このまま適切な環境影響評価がなされないと、環境面に深刻な影響を与えかねない事業に対する歯止めがないまま実施されてしまう恐れがある。
- 連邦灌漑・水資源省部署間の調整と協力の欠如：連邦灌漑・水資源省の各部署は、共通の研究結果やデータベースを活用するといった形で協力、調整を行うことがほとんどない。共通のデータベースの欠如は、新しい事業が始まる度にゼロからデータを収集し直すという非効率性を招いている。また、過去の研究成果が十分に活用されずに、入手できる情報・解決策のみに依存した意思決定が行われており、科学的アプローチが不十分である。

第4章 第2期の活動

4.1 第2期の活動

本プロジェクトの第2期は、パイロット活動と水資源に係る提言で構成されており、2019年8月から2023年3月まで実施された。第1期の活動を通してパイロット活動の対象地として北コルドファン州を選定し、同地域にて問題解決のためにIWRMの実践に関する活動(成果3)を行った。

パイロット活動は、北コルドファン州の行政機関および水利用者（農家や住民等）等の利害関係者による参加型で実施し、水問題の課題解決に結びつけるとともに、水資源管理に係る法制度、計画、組織体制、手法等に対する提言（成果4）に反映させることを目的とした。以下の活動はC/Pと協働で行い、技術移転も実施した。

4.2 パイロット活動地域の選定

(1) パイロット活動地域の選定プロセス

パイロット活動の候補地域の選定にあたっては、スーダン全土で発生している水問題を特定し、以下の4つの選定基準に基づいて絞り込んだ。水問題の概要と水問題が特定された小流域を図4-1に示す。

- ① 水問題の深刻さ
- ② IWRMの必要性
- ③ 他地域への再現性
- ④ パイロット活動による効率的な達成の可能性

スーダンにおける水問題を特定するため、JICA 専門家チームとC/P、そしてハルツーム大学が共同でスーダン各地域の水問題のリストアップを行った。その結果、23の地域で水問題が確認された。

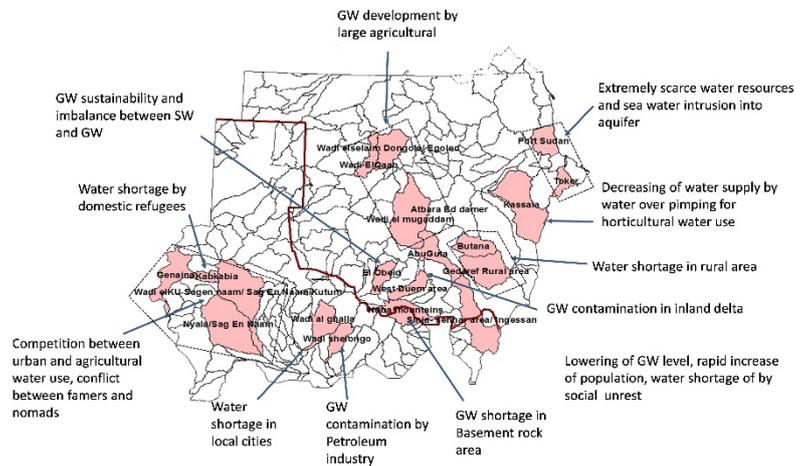


図4-1 パイロット活動候補地域

(2) パイロット活動地域の確定

パイロット活動の対象地域を決定するため、上記の選定基準に基づき23地域を審査し、対象地域を絞り込んだ。その結果、北コルドファン州がスーダンの他の地域とIWRMの観点(水資源の種類、水利用目的、流域を横断する水問題の数、ステークホルダーの多様性等)において類似した点が多く見られることなどから、パイロット活動の対象地域として選定された。さらに、北コルドファン州のうち、多くのステークホルダーのもとセクター横断的な水問題が存在し、IWRMアプローチの必要性・優先度が高い活動地として、Bara（バラ）地下水盆の地域を選定した。

4.3 パイロット活動地域の現状と水資源の課題

(1) 北コルドファン州とバラ・ローカリティ

北コルドファン州には8つローカリティがあり、ローカリティ別の人口は次のとおりである。

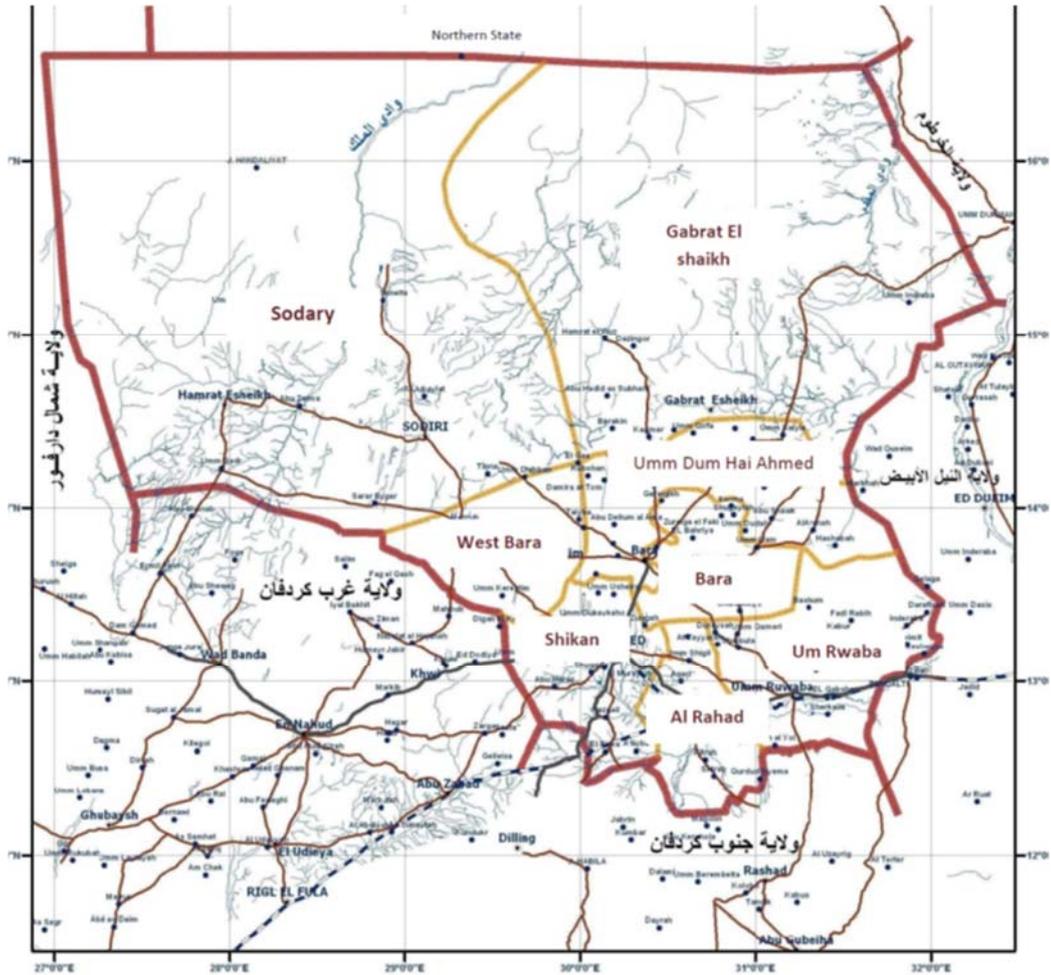


図 4-2 北コルドファン州地図

表 4-1 ローカリティ別人口

	地域性	2018 年 (推定)
1	Shiekan	704, 475
2	Um Rwaba	452, 846
3	Um Dum Haj Ahmed	175, 151
4	Bara	239, 157
5	West Bara	231, 277
6	Gabra El Shieku	286, 648
7	El Rahad	205, 720
8	Sodary.	342, 477
	合計	2, 637, 751

出典：北コルドファン州中央統計局

州内には、エルオベイド市、エルラハッド、ウムルワバ、バラタウンという 4 つの主要な都市と町がある。次表は 2008 年と 2018 年の人口を示している。これら 4 市町には州の約 20% の人口が居住している。

表 4-2 北コルドファンの主要な市町村の人口

	2018 年 (推定)
El Obeid, (Shiekan Locality)	449, 503
El Rahad	81, 843
Um Rwaba	75, 945
Bara	19, 092
合計	626, 383

出典：北コルドファン中央統計局

州の主要産業は農業であり、州内人口の 80%が農業に従事している。工業部門は小さく、食品加工や石鹸製造などの軽工業のみが存在する。2012 年から 2016 年の州の GDP に占める農業部門の割合は約 70%、工業部門は 5 ～ 6%、サービス部門は 22 ～ 23% となっている。

(2) ベースライン調査

対象地域の水利用を把握するために、2018 年にベースライン調査を実施した。調査対象地域は、図 4-3 に示すように、バラのサブ流域 (Al Bashiri sub-basin) にほぼ相当する、バラタウンと バラ・ルーラル アドミニストレーションユニットである。調査対象は灌漑農家、天水農家、定住牧畜民、対象地域を通過する遊牧民、バラタウンとエルオベイド市の都市住民とした。

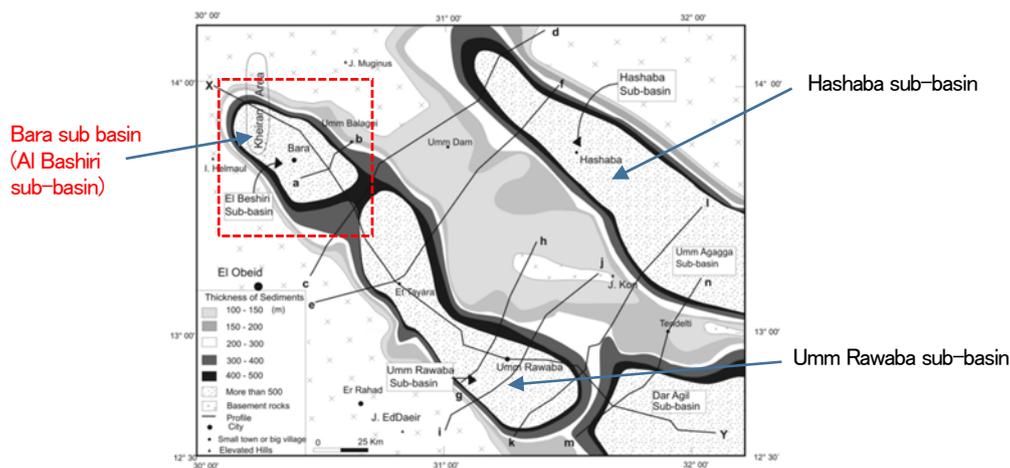


図 4-3 ベースライン調査の対象地域

調査結果概要は以下のとおりである。

- エルオベイド市民は、現在の水供給に最も不満があるグループである。夏季の不満率は 47% と高く、それ以外の季節は 100% が満足している。これは、夏には都市部の水道給水が不十分となり、水を購入するためのかなりの金額を費やさなければならないためである。
- 灌漑農家の 93% が灌漑農場を拡大する、70% の天水農民が灌漑農業を始める、定住牧畜民の 65% が家畜の数を増やす、40 村すべてが新しい井戸が欲しいと答えた。今後の水需要の増加が予想される。
- 遊牧民と定住農民の間で水使用をめぐる大きな対立は報告されなかった。
- 43.5% の灌漑農家、8% の村が使用している井戸の地下水位が低下したと回答した。
- バラタウン住民の 91%、エルオベイド市民の 47% が水資源の今後の持続性に不安を感じている。
- 伝統的なリーダーとポピュラーコミッティが水資源管理において重要な役割を果たしていることが確認された。
- 女性と青年層は水管理に関する意思決定に参加できていない。

(3) 州の担当省

北コルドファン州の水資源セクターはインフラ・都市開発省 (MIUD) が所管しており、その組織図を下に示す。

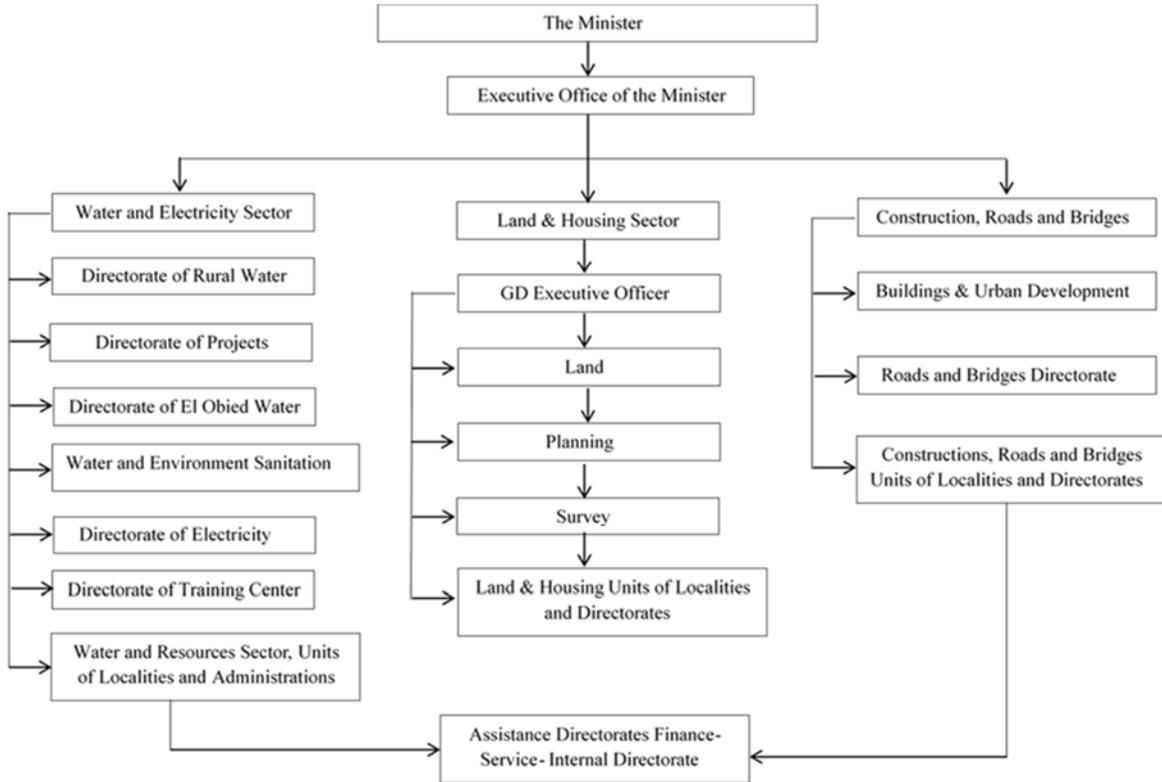


図 4-4 インフラ・都市開発省の組織図

(4) 北コルドファン州における水問題

パイロット活動の開始にあたり北コルドファン州の水問題を分析した結果、膨大な量の水資源がモニタリングの行われぬまま生活用水や灌漑用水などに使われており、将来的に持続可能性が危惧されていることが判明した。北コルドファン州の州都エルオベイド市の水源は、北部の地下水と南部の表流水である（図 4-5 参照）。このうち、北部 Al Sidir 井戸群の地下水が過剰揚水により急速に低下している可能性が指摘されているが、地下水位に関する科学的な実態は十分に把握されていない。

2001 年から 2013 年にかけて、北コルドファン州関係者が地下水位の観測を行った結果、同期間内で地下水位の低下が観測されている（図 4-6 参照）。これは、毎年 1.5m から 2.3m の割合で地下水位が低下していることを意味する。しかし、2014 年以降には地下水位の観測が行われていない。

バラ・ローカリティの中心であるバラタウンは Al Sidir 井戸群に近接しており、バラタウンの浅井戸から生活用水や灌漑用水として大量の地下水が汲み上げられている。その結果、図 4-8 に示すように各井戸が干渉し合うことで地下水の低下を加速させていることが考えられる。また、浅井戸の地下水位が低下しているのは Al Sidir 井戸群での過剰揚水の影響もあると考えられる。一般に、深部帯水層から大量の地下水が汲み上げられると、浅部帯水層の地下水は深部帯水層へ移動する（図 4-7 参照）。したがって、Al Sidir 井戸群の深部帯水層からの地下水の汲み上げにより、バラタウンの浅井戸の地下水位は低下する。

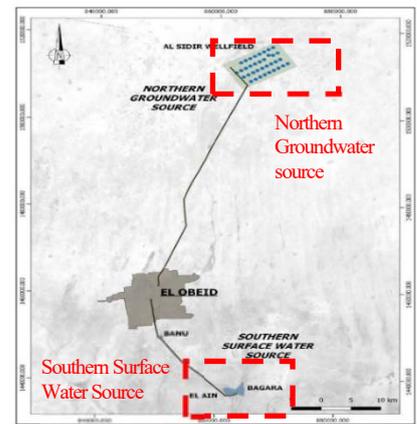


Fig. 2-1: Water sources supplying El Obeid City – Layout

図 4-5 エルオベイドの2つの水源

こうした水問題を整理して分析した結果を図 4-9 に示す。その結果、当該地域には以下の 3 つの水問題があると特定した。

- 深部帯水層の地下水位の低下
- 浅層帯水層の地下水位の低下
- 浅層帯水層の水質悪化

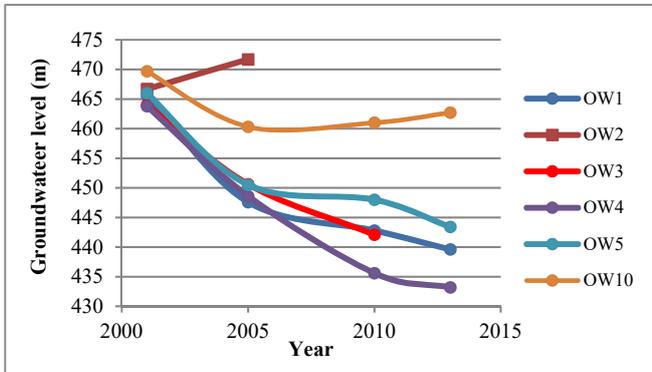


図 4-6 Al Sidir 井戸群のモニタリング結果
関係

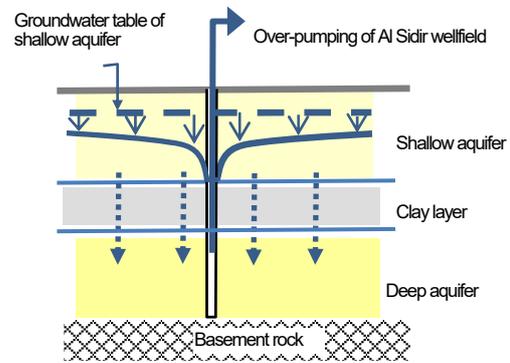


図 4-7 バラタウンの浅層帯水層と深層帯水層の
関係

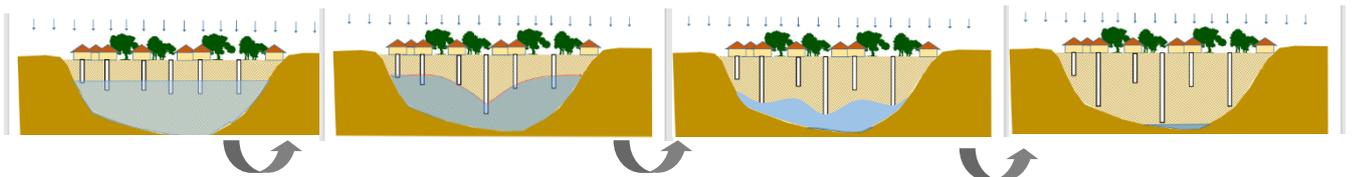


図 4-8 バラタウンにおける井戸の干渉

出典：JICA 専門家チーム

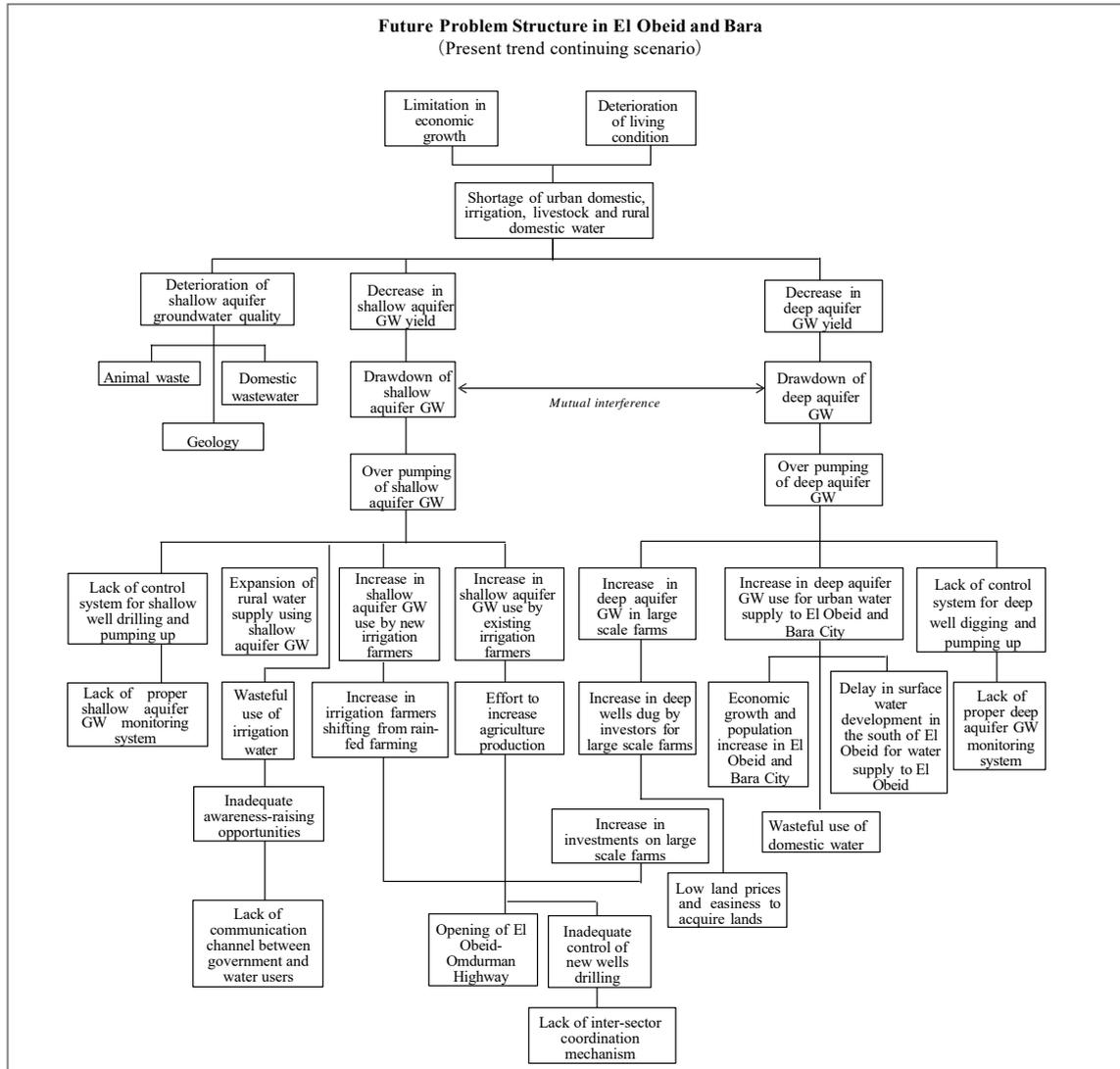


図 4-9 水問題の分析図

4.4 パイロット活動の目標と活動内容の選定

(1) パイロット活動の目標

上記調査及び分析の結果、パイロット活動の目標として以下を設定した。

- バラ地域のサブ流域である Al Bashiri (アルバシリ) 地下水盆の地下水枯渇リスクの評価、枯渇リスクの最小化のために必要な対応策の特定、及びそれらの実施を通して対応策の有効性を検証すること。
- IWRM 推進モデルで想定する組織体制のもと、バラ地域及び北コルドファン州において水資源管理に関わる各種活動を実施すること。
- パイロット活動の経験に基づき、北コルドファン州及びスーダンにおける IWRM 推進のための提言を提示すること。

(2) 活動内容の選定プロセスと選定結果

バラ地域におけるパイロット活動の内容を以下の手順に沿って選定した。

ステップ (1): 北コルドファン州の 2019 年予算で予定されている水関連事業のリストアップ

ステップ (2): 上記の活動を実施する上で考え得る問題点の確認 (第 1 期の問題分析から想定し得る問

題を示し、北コルドファン州の実情から問題の有無・程度を評価する)

ステップ (3): それらの問題点を克服するための IWRM アプローチに沿った解決策の特定

ステップ (4): 上記解決策のバラ地域における有効性の確認

ステップ (5): 時間的枠組みによる解決策の分類 (短期、中期、長期)

ステップ (6): 担当及び関連官庁の明確化

まず、州政府 C/P との協力により上記の作業を行なった。その後、C/P と検討を行い、最終的に承認されたパイロット活動の内容と北コルドファン州予算を表 4-3 に示す。

上記のパイロット活動を選定するにあたっては、IWRM に沿った活動を新規に考案し適用するのではなく、州政府 C/P の既存の予算で計画されていた水関連事業の効果を高めるという視点から活動を選択することに留意した。パイロット活動の内容を、元々予定されていた活動に対する補完的な位置付けとしたことで、円滑に州関係者の理解を得ることができた。

その後の JICA 専門家チームと C/P とによる協議の結果、活動項目のうち 2、3.5、3.6 を対象外とし、「1. データベース構築」、「3. モニタリング」、「4. 井戸登録制度」、「5. 節水灌漑」の 4 つのテーマをパイロット活動の対象として絞り込んだ。

さらにその後、当時 UNEP (国連環境計画) が推進していた SWRC (State Water Resources Council、州水資源協議会) 設立支援からの撤退を受けて、SWRC の設立をパイロット活動として追加することとした。表 4-4 に、各パイロット活動と「浅層地下水位の低下」、「深層地下水位の低下」、「浅層地下水質の悪化」というバラ地域の三つの問題点との関係を示す。

表 4-3 SC で承認されたパイロット活動の内容と予算

Candidate Activity	Budget (SDG)
1. Database creation	130,000
2. Hydrogeological survey	
3. Monitoring	
3.1 Shallow aquifer monitoring	438,000
3.2 Deep aquifer monitoring	135,000 (manual) 655,000 (automatic)
3.3 GW quality monitoring	726,500
3.4 SW monitoring	1,141,000
3.5 Assessment of the impact of solar system introduction on water use amount (to be integrated into monitoring)	30,000
3.6 Integration of water meter installation	None
4. Well registration system creation	Internal
5. Water-saving irrigation promotion	Need review
Total	(Manual) 2,600,500
	(Automatic) 3,115,500

表 4-4 パイロット活動とバラ地区の問題点の関係

パイロット活動	成果	問題解決への貢献	関連する問題
地下水モニタリング	地下水位の把握	地下水揚水量管理の必要性を判断するための技術的分析に必要なデータの提供	浅層・深層地下水位の低下
	地下水質の把握	地下水質の管理の必要性を判断するための科学的根拠の提供	浅層地下水質の悪化
表流水モニタリング	シケランワジ流域の表流水の状況の把握	水供給ポテンシャル、エルオベイドの水需要の充足可能性、アルシドル井戸群からエルオベイドへの深層地下水送水量削減の可能性等の評価のための技術的分析に必要なデータの提供	深層地下水位の低下
データベース構築	既存データとモニタリングから得られた新規データの体系的な保管	技術的分析のためのデータおよび地下水ライセンス制度の科学的根拠の提供	浅層地下水位の低下
地下水ライセンス	新規井戸掘削と揚水量の管理	浅層地下水揚水量の管理	浅層地下水位の低下
節水灌漑	灌漑用水量の削減	<ul style="list-style-type: none"> 浅層地下水揚水量の削減 作物収量の増加 	浅層地下水位の低下
SWRC体制の構築	水平方向・垂直方向の協力と調整の場の提供	<ul style="list-style-type: none"> 浅層地下水揚水量と水質の管理のための井戸所有者・管理者の協力の高まり(垂直) 井戸利用者による地下水管理の改善を促すための関連組織の動員(水平) 	<ul style="list-style-type: none"> 浅層地下水位の低下 浅層地下水質の悪化

上記の検討と並行して、連邦政府 C/P は、2021 年 8 月に 1995 年水資源法改訂案が施行されたことを契機として、同法の枠組みの中で IWRM の全国普及を目指すという意図のもと、同法で定めている全国水資源協議会 (NWRC) の再活性化のための具体策の検討を開始した。これに対して JICA 専門家チームは、北コルドファン州でのパイロット活動と同等の扱いで、この連邦政府 C/P の活動を支援することとした。

4.5 パイロット活動の実施

4.5.1 IWRM 推進体制の構築

(1) 州水資源協議会 (State Water Resources Council、SWRC) の設立

1) 目的と活動内容

SWRC 設立の目的は、関連組織・機関との調整のもと、北コルドファン州において州政府と水利用者が協力して水資源管理を行うための体制を構築することである。本プロジェクトでは UNEP の活動を引き継ぐ形で支援を開始し、2022 年 2 月に発令された州令をもって SWRC が正式設立を迎え、その後は協議体の活動定着化に向けた支援を行った。

SWRC の準備から設立までの過程は以下の三段階に分けられる

- UNEP による設立支援 (2018 年 4 月～2020 年初期)
- 本プロジェクトによる設立支援 (2020 年初期～2022 年 2 月)
- 正式設立と SWRC 会議の開催 (2022 年 2 月～2023 年 3 月)

UNEP による支援

UNEP はカッサラ州での SWRC 設立を支援した後、同様のコンセプトを持って北コルドファン州での SWRC 設立を支援し、当時の州知事の内諾は得ていたが、正式設立には至らなかった。SWRC の目的として、水を中心とする天然資源の適切な管理のための助言を行うことと設定され、啓発、部門間調整など諸々の機能が提案された。その多くは本プロジェクトによる支援に引き継がれた。

メンバー構成として、環境委員会代表者が議長を、MIUD 代表者が副議長を務め、その他関連する 16 政府組織と民間代表がメンバーとして提案され、助言を主任務とする SWRC の単層構造が想定されていた。

本プロジェクトによる支援

2020年初頭のUNEPの撤退を受けて、本プロジェクトがSWRC設立の支援を引き継いだ。その際、すでに北コルドファン州における本プロジェクトの活動管理のためのSteering Committee (SC)とTechnical Committee (TC)が設立されており、活動内容の共通性から、UNEPによる支援の結果SWRCが設立された後は、SC及びTCの管理機能をSWRCに移行させることが計画されていた。

本プロジェクトのSWRC体制の構築準備は、図4-10に示す合意形成サイクルの実現を基本コンセプトとして進められた。具体的には、水利用者を代表する水利用者委員会 (Water Users Committee、WUC)、技術的レベルでの水に関わる情報共有と協議を行う技術委員会 (上述のTC)、及び意思決定を行う調整委員会 (上述のSC) の三つの組織単位を想定した。このコンセプトをもとに、2020年12月にSWRC設立の提案書を作成し、州政府C/Pが北コルドファン州知事に提出した。以下がその概要である。

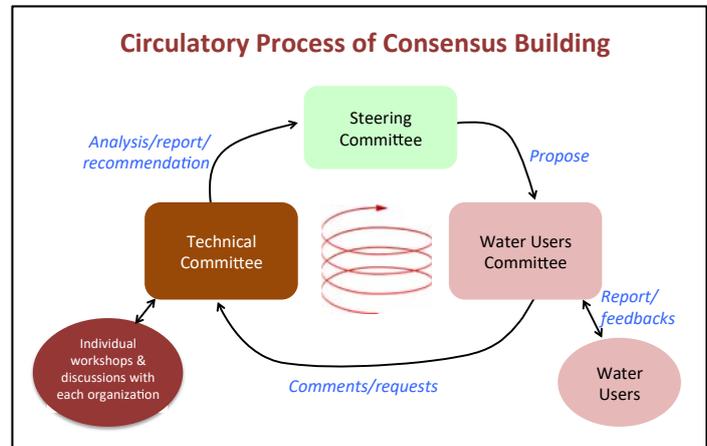


図4-10 IWRM 合意形成サイクル

- 目的：水に関わる関係者間で、科学的判断に基づき情報共有と協議を行い、協力して解決策を実施すること。
- 機能：啓発、セクター間の調整、戦略策定、能力強化、政策・法案の作成、活動のモニタリング・評価、州をまたぐ流域・帯水層に関わる課題の調整、許認可に関わる助言、全ての水問題への対応。
- メンバー：(SC) 州知事が監督者 (supervisor)、州次官が副監督者 (deputy supervisor)、MIUD 大臣が議長、経済生産省大臣が副議長、以下 5 名のメンバー (環境委員会、上級法律担当官、MIUD 水・エネルギー担当局長、経済生産省農業局長、地下水ワジ局コルドファン事務所局長)
(TC) MIUD 水・エネルギー担当局長が議長、経済生産省農業局長が副議長、その他 WUC 代表を含め 18 の関連省庁、組織
- 開催頻度：SC が年 2 回、TC が年 4 回
- 構成：図 4-11 参照

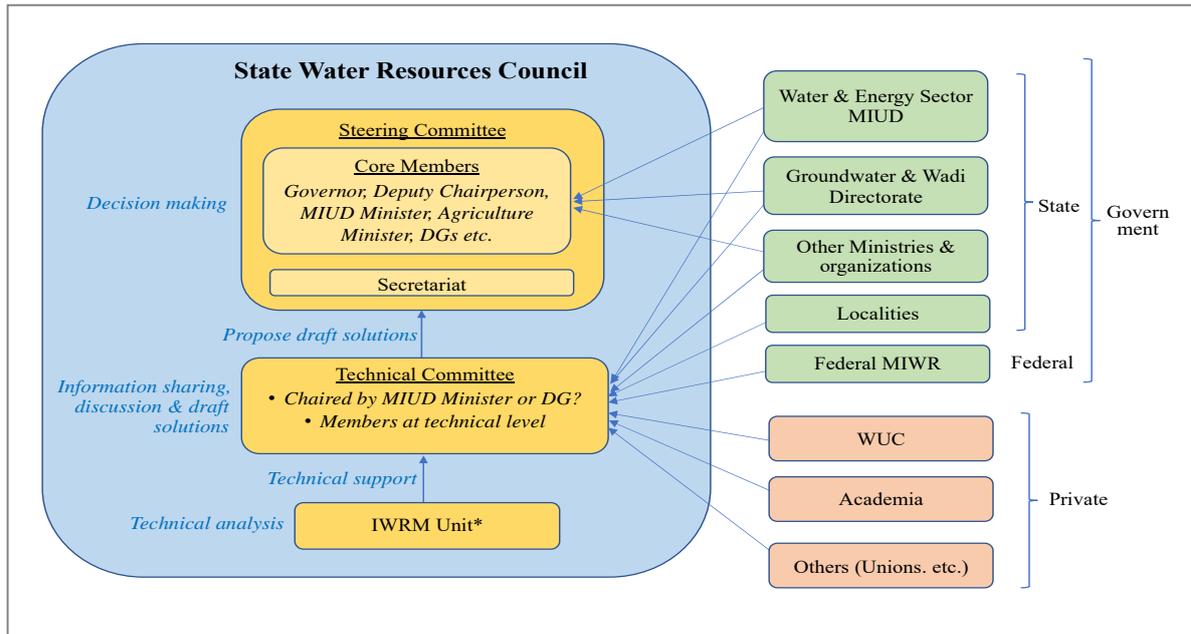


図 4-11 州知事に提案された SWRC の構成

提案内容は以下のような特徴を有する。

- 準備の過程で、議長を選定について議論があった。州知事を議長とすることで強力な調整能力を持たせるという案と、毎回の会議への出席が容易な MIUD 大臣が議長を務めるという両案が出たが、両者の中間をとって、州知事は監督者の立場で関わり、MIUD 大臣が議長を務めるという案が採用された。知事の関与で十分な調整能力を持たせる一方で、州の抱える多様な問題全般に対応せざるを得ず多忙な知事に代わって、水問題を担当する MIUD 議長が毎回の会議を主催することで、定期的な会合を可能とするという考え方である。
- UNEP が SWRC 単独の単層構造を提案したのに対して、本プロジェクトの提案では SC、TC、IWRM ユニットからなる複層構造を提案した。これは、単なる助言に留まらず、技術レベルの分析とセクター間の調整を図った上で SC が意思決定をするという役割分担を想定したためである。モニタリング、水収支分析、水利用者との協力などが既に継続的に実践されているのであれば、その上に立って SWRC が調整を行うことが可能で UNEP 案のような単層構造でも機能すると思われるが、実態としてはそういった基礎的な部分が欠落していることから、IWRM ユニットや TC といった土台から構築する必要があると判断し複層構造が提案された。
- IWRM ユニットは、地下水ワジ局、MIUD、経済生産省農業局の実務レベルの職員から構成される現在の北コルドファン州 C/P チームを、SWRC、TC を支えるための常設部署に発展させるというコンセプトのもと提案された。モニタリング、技術分析、WUC の支援などを継続的に行い、TC、SWRC に報告し、そこでの決定を元にさらに活動を継続していくというように、北コルドファン州での IWRM プロセスの基盤となる重要な機能を果たす。
- 水資源に関わる継続的な活動が土台となって、初めて SC と TC での有意義な協議、調整が可能となる。本来は地下水ワジ局の北コルドファン州事務所がそのような活動を行う立場にあるが、地方分権体制のもとでの制約から機能を果たしておらず、今後改善する可能性も展望できなかった。そのような背景から、日常的な活動を行う組織として、地下水ワジ局や MIUD、経済生産省農業局などの行政官から構成され、州予算で運営される IWRM ユニットの設立を提案した。モニタリ

ング、水収支分析、WUCの支援など、水資源に関わる技術的、社会的活動を継続的に行い、TC、SCの提案、準備、開催管理、資料の提供、議論の先導などを主な役割として担う。

SWRCの正式設立

上記提案書の提出後、2022年2月の北コルドファン州令13号でSWRCの設立が、同16号でTCの設立が公布された。本プロジェクトの提案では、SC、TC、IWRMユニットからなる全体構造を“SWRC”と称していたが、この州令13号では意思決定を行うべき組織単位を“Steering Committee (SC)”ではなく“State Water Resources Council (SWRC)”と定義していたため、本プロジェクトの提案のうちSCをSWRCに置き換えることとなった。それぞれの活動内容は本プロジェクトの提案が踏襲された。2022年2月の正式設立後、2022年5月に第1回SWRC会議が、同12月に第2回SWRC会議が開催された。同年8月にはSWRC設立後のTC会議の開催が計画されていたが、州職員のスライキや洪水などの問題が発生したため開催は見送られた。

SWRC設立後の協議内容

2022年5月26日に、TCを兼ねた第1回SWRC会議が開催された。州次官が議長を務め、11:30から15:00まで議論、確認が行われた。主な結論と確認事項は、2023年3月までの本プロジェクトの活動内容の承認、当時当該地域にて計画されていたアフリカ開発銀行（AfDB）給水事業に関する情報共有の継続、SWRCメンバーへの地下水ワジ局北コルドファン事務所局長の追加、2020年提案書の提案予算額1,940万SDGについての継続検討、IWRMユニット設立の承認と正式手続きの推進、等である。

続いて2022年12月15日に第2回SWRC会議が開催された。州知事が議長を務め、11:40から14:10に各種説明と議論が行われた。議題として、バラ地域住民に対する「地下水の揚水量を半分に減らそう！」というメッセージ発出の提案、その根拠となる水収支分析結果、節水的手段としての検討されている灌漑用水の節約の必要性と実験経過、地下水ライセンスの導入の試み、地下水・表流水の連携利用計画などの背景説明を行なった。本会議のスーダン側関係者による運営を通じて、知事が議長を務めるSWRC会議の場合はトップダウン的色彩が濃くなることが判明した。当初、会議の最後に決議を取りまとめることを想定していたが、決議に合意するという形には至らず、知事による事後の決定事項という扱いのまま散会した。2回目の正式会議ということで、SWRCメンバー間のバラ地域における地下水枯渇のリスクについての理解がまだ不十分のように見受けられ、以降のSWRC会議での継続的な情報共有と説明が必要であることが認識された。

翌年2023年の3月7日にTC、同月9日にSWRC会議が開催された。TC会議では、同月末での本プロジェクトの活動終了を確認し、決議として、本プロジェクト終了後も北コルドファン州関係者でパイロット活動を継続すること、SWRCに対して、IWRMユニットの正式発足、経済生産省とIWRMユニットが協力して節水灌漑実験の第2ラウンドに取り組むこと、各活動のための予算措置を行うこと、州内他地域へのSWRC活動の展開の検討を開始すること、などを含む要請を提出することを決議した。同月9日のSWRC会議において、これら要請内容が確認された。

2) SWRC-TC-WUC体制に関わる知見、教訓と課題

2-1) 知見

関係者間の水平及び垂直方向の調整機能

IWRMの鍵となる概念である垂直方向及び水平方向の連携に関して、SWRC設立及び運営支援の中で確認されたバラ地域の状況について図4-12に示す。以下が主な点である。

- バラ地域行政官の支援を受けて、IWRMユニットとWUCの垂直方向の連携は良好である。将来の地下水枯渇のリスクや揚水量削減の必要性などのメッセージも伝えることができている。
- WUCと一般水利用者との連携も良好である。WUCメンバーがWUC会議での協議内容を一般水利用者と共有したところ、生活用水の給水時間を短縮するコミュニティが現れた。パイロット活動の結果、一般水利用者の地下水の希少性、節水の必要性に対する意識が向上し始めた結果と言える（WUCの詳細については後述参照）。
- その一方で、IWRMユニットから上方向への連携は下から上への一方向の傾向が見られる。2022年12月にTCの決議をSWRCに提出したが回答が得られず、2023年3月のSWRCでも同様に決議を提出し回答を待っている状況である。
- IWRMユニット及びバラ役所のレベルでは、水系行政官と農業系行政官が緊密に協力しており、横連携は良好である。
- TC及びSWRCでの部門間連携は弱い。TCでは、メンバーが自らの領域の一般論を述べる傾向が強く、決議に収斂するような議論が少ない。参加メンバーがその都度変わることもあり、改善が必要である。SWRC会議でも同様の傾向は見られるが、SWRCはあくまで意思決定機関であるため、予算措置につながりさえすればその弊害は少ない。

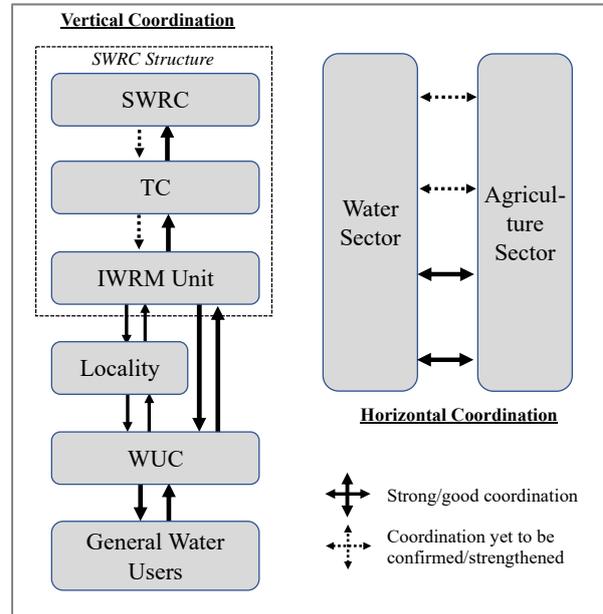


図4-12 バラ地域におけるIWRMモデルの
垂直・水平方向連携の状況

総じて、SWRC-TC-WUC体制のもとで一般水利用者の意識が向上し、実際の節水活動の動きにつながったことは、パイロット活動の大きな成果である。行政と水利用者との間に協力関係が成立することが分かったことは大きな発見であり、想定した合意形成の仕組みが妥当であることを示した。

当事者による十分な議論の必要性

北コルドファン州のSWRCを核とするIWRM合意形成システムの構築には、UNEPのSWRC設立支援の中断を受けてJICA専門家チームが支援を始めた2020年初頭から、2022年2月のSWRC正式設立に至るまで約2年を要した。この間、スーダン国政変による社会不安やCOVID-19により現地渡航が困難となったため、JICA専門家はオンラインでの遠隔指導を中心にC/Pの指導を行った。JICA専門家のファシリテーションのもと、州政府C/PはSWRCの目的、機能、体制、メンバー構成、会議の開催頻度などについて繰り返し議論を続けた。その結果、州政府C/Pが提案した内容に沿って、2022年2月のSWRCとTCの正式設立に至った。C/P間の十分な議論に基づく説得力を持つ提案だったことで、州政府上層部の了承を得ることができた。

今後、連邦政府が各州を指導してSWRCの設立を支援していく上で、このように各州の当事者による議論に十分な時間をかけて、当事者が納得できるような提案を作成できるよう支援することが重要である。

各州の状況によって望ましい IWRM 合意形成メカニズムの形が異なることは十分にあり得るため、成功例を無条件に踏襲するのではなく、各州当事者の考えを尊重する姿勢が求められる。

北コルドファン州の場合、その時々知事、MIUD 大臣、MIUD 局長の姿勢によって進展が大きく影響された。パイロット活動前半期は大臣及び局長の消極的な姿勢のため停滞が続いたが、後半期に積極的な大臣及び局長に交代したことにより一気に進展した。こうした州政府幹部の人事は担当レベルの C/P にはコントロールできない外部条件であったが、逆風下にあってもテクニカルなレベルでの議論を継続し働きかけを続けることが重要であるというのは、今回の北コルドファン州での活動から得られた発見であった。

実働部隊の重要性

SWRC の設立と共に重要なのが、実働部隊の強化である。SWRC と TC はいずれも時限的な協議体であり、恒久的な組織ではない。水資源に関わる各種テーマについて技術的な分析を行い関係者の議論を主導していくためには、実働部隊が存在し継続的に機能することが必要である。北コルドファン州では、本プロジェクトの中で州政府 C/P がこの役割を果たし、IWRM ユニットへ移行中である。本プロジェクトの場合は、MIUD や経済生産省農業局など複数の所属機関がメンバーとなって分野横断的な体制を構築し、効果を発揮した。他州の場合、本プロジェクトの C/P のような複合チームを編成するか、又は MIUD のような水分野を所管する既存の官庁が担当するかは、州の状況にも応じて検討されるべきことではあるが、いずれにせよ必要なのは SWRC の活動を支える常設ユニットの存在である。

水利用者の関わりの重要性

北コルドファン州での試みの特徴は、WUC を設立し、IWRM 合意形成メカニズムの一部として位置付けた点である。パイロット地域として選定したバラ地区の重要な水源の一つは浅層地下水であり、水利用者は同時に水源管理者という立場にも立っていることから、適切な地下水管理を実現するためには彼らの参加が必要不可欠であった。水収支分析の結果、現在の揚水量が続くと将来バラ地区の地下水は枯渇してしまうという結果を WUC で共有したことで、水利用者が地下水資源は有限であるという事実を理解し始めた。今後の周知のためには一層の啓発が必要ではあるものの、第一歩を踏み出すことができたのは大きな成果であった。地域によって水利用者の水資源管理への関わり方は様々あるだろうが、特に住民による地下水利用が盛んである地域においては、水資源管理に水利用者が参画するメカニズムを構築することが重要であるというのは本件を通しての大きな発見である。

科学的説明の重要性

WUC を継続し度々水収支分析の結果を説明してきたことで水利用者側の意識が高まり、実際に水を供給する時間を短縮するようにしたという実践事例が現れ始めるなどの啓発効果が確認できた。地下水位の低下は認識しつつも地下水資源は無限であるという誤った認識を有する水利用者が多く存在する中で、WUC で科学的根拠に基づき将来リスクを共有し、一般水利用者に理解を広めていくことの重要性を認識できたことは本件の大きな発見である。こうした結果を通じて、関係者間の合意形成においては必ず技術的根拠が伴わなければならないという IWRM アプローチの重要性が再確認できた。

2-2) 教訓

会議運営手法

TC 会議の開始当初、C/P の説明資料が技術的細部にわたることで発表時間が長くなってしまった結果、TC 会議が 4 時間に及び、参加者の多くが途中で退席してしまうといった事態が起こった。こうした状況を

受けて、2022年4月から推進したSWRC、TC、WUC各種会議の運営改善においては、会議時間を最大2時間と設定し、それに合わせて簡潔な説明資料を作成することにより、その他の方策とも合わせて効率的な会議運営が実現した。こうした試みをより早く実施していれば、C/Pの会議運営能力がより一層高まった可能性がある。

社会・文化的背景の理解

スーダン側関係者、特に意思決定に関わる州政府中枢部関係者のトップダウン的思考様式、会議において設定された議題よりも自らの関心事項について発言しようとする傾向、会議での結論を明確に確認せずに散会する傾向等、日本とは異なるスーダンの文化・思考形態が反映されている状況がしばしば窺われた。特に、SWRC及びTCが州政府によって正式に設立され、JICA専門家チームではなくスーダン側のイニシアチブとして会議が開催されるようになってから、このような傾向が顕著となった。より早い段階でこのような文化的背景を理解することができていたならば、C/Pへの指導方法がより効果的なものとなった可能性がある。

2-3) 課題

州意思決定者の啓発の必要性

SWRC及びTCが正式に発足したという事実から、そのような新しい枠組みの必要性に関する北コルドファン州政府中枢の意識の高さが窺われるが、ボトムアップに基づく合意形成など運営面において一層の啓発が必要である。絶えず変化する水資源の状況に適切に対応するためには、IWRMユニットが中心となって、WUCを通して絶えず水利用者の状況を把握し、TCでの技術的検討を加えた上で対策を提案し、SWRCの承認のうえ実行に移すというサイクルを繰り返していくことが必要である。このようなメカニズムが機能するためには、SWRCを主宰する州中枢関係者の十分な理解が不可欠である。NWRC再活性化と連動した連邦灌漑・水資源省による指導と、IWRMユニットによる不断の働きかけが必要である。

水利用者を原動力とするIWRMの推進

水資源管理に対する自主的な行動変容が水利用者に顕著に表れたという本件の経験から、水利用者こそがIWRMの最大の推進力であることが判明した。今後、IWRMユニットが中心となって北コルドファン州内他地域にIWRMを展開していく上で、この点を基本において取り組んでいくべきである。技術者は往々にして、モニタリングや水収支計算など技術的分析で満足してしまう傾向があるが、IWRMにおいて重要なのはその先の水利用者に対するメッセージである。本件を通じて、技術的な十分な説明がなされれば水利用者は納得し行動に移すことが確認されたため、このような原則を踏まえて、IWRMユニット、SWRC、TCの運営を図るべきである。

(2) WUC（水利用者委員会）の設立と運営

1) 背景と目的

スーダンでは長い間トップダウンの政策アプローチが取られ、政府関係者は水利用者の声を聞かずに水資源管理に関する重要な決定を下してきた。そこで本パイロット活動において、SWRC体制の一環として、政府が水利用者の組織を作り、彼らの声を聞き、彼らと協力して水資源や関係施設の管理に取り組むべく、“Water Users' Committee”（水利用者委員会、WUC）と呼ばれる水利用者で構成される委員会を設立した。WUCによる会議を定期的で開催し、政府と水利用者を結びつけ、両者が水資源のために協力し合う環境を整えることを目的とした。

2) 活動

本パイロット活動では、2020年11月のWUC設立までの支援と、WUC設立後の会議における水資源問題に関する情報提供や、本プロジェクト終了後のWUCの自立的運営のための体制強化の支援等を行った。以下の表4-5に示すように、2023年3月までに計6回のWUC会議が開催された。

表 4-5 各 WUC 会議のアジェンダ

	時期	アジェンダ
第1回 WUC 会議	2020年11月	<ul style="list-style-type: none"> - 地下水の基礎知識に関するクイズとプレゼンテーション - 浅井戸モニタリングの目的（地下水） - JICAプロジェクトについて - WUCが必要な理由 - 浅井戸モニタリング（水質） - 灌漑農業
第2回 WUC 会議	2021年7月	<ul style="list-style-type: none"> - 参加型浅井戸モニタリングと水質モニタリングの結果 - 参加型モニタリングの修正（自記水計の導入と参加型の水利用量モニタリングへの移行） - 太陽エネルギーを利用した飲料水の消毒方法 - SWRC に出席する WUC 代表者の選出とその役割
第3回 WUC 会議	2022年5月	<ul style="list-style-type: none"> - モニタリングの進捗 - 灌漑農業：適切な灌漑水量の概念、現在の伝統的な灌漑方法における過灌漑の可能性 - 地下水ライセンス制度のバラでの試行 - AfDBプロジェクトの進捗 - WUCのより良いメンバーシップ、機能、活動
第4回 WUC 会議	2022年8月	<ul style="list-style-type: none"> - WUC代表による前回のSWRC報告 - WUCの組織、役割、活動 - 節水実験計画案
第5回 WUC 会議	2022年12月	<ul style="list-style-type: none"> - WUCの役割と体制 - 北コルドファン政府からの提案 ～水の使用量を半減させよう！～ - 地下水の利用をどのように管理できるか <ol style="list-style-type: none"> 1. 灌漑節水実験 2. 地下水ライセンス 3. 地下水と表流水の連携利用計画
第6回 WUC 会議	2023年2月	<ul style="list-style-type: none"> - WUCの体制と役割の確認 - 灌漑実験結果 - 安全な揚水量の最新結果 - 水質検査結果 - プロジェクト終了後についての協議

WUCでは、水利用者に地下水の基礎を理解してもらうための情報提供から開始し、WUCメンバーに実際に参加してもらう活動として、参加型地下水モニタリングや節水灌漑実験などを行ってきた。JICA 専門家チームとC/P（以下、プロジェクトチーム）は、地下水やプロジェクト活動の進捗状況についての情報を提供するために、全会議を通して簡潔で理解しやすいプレゼンテーションを作成するよう努めた。これらプレゼンテーションに対するWUCメンバーの回答や反応から、WUCメンバーなど一般の人々は地下水の基礎を知らないということが確認された。

プロジェクトチームと第1回WUC会議の参加者は、WUCメンバーとして下表の20人を選んだ。その構成は、女性グループを含む灌漑農家の代表、私用井戸オペレーターの代表、オムダ（伝統的リーダー）、FFC（Forces of Freedom and Change、市民派の政党団体）からの代表者である。WUCの円滑な運営のため、WUCに6人の政府職員を含むことがC/Pと参加者によって決定された。一方、メンバーの選択に

は地理的な制約があった。バラ帯水層には 63 の村があるが、舗装された道路がなく、多くの村からバラタウンへのアクセスは容易ではない。また、各村からの代表者を含むと WUC の規模が過剰に大きくなる。このため、プロジェクトチームは、2 つの主要な水利用地域であるバラタウンとアルケヘランからのみメンバーを選出することにした。

2023 年に WUC のコアメンバーとして、委員長、副委員長、書記、会計役が選ばれ、その内 2 名は、WUC の代表として TC にも参加した。このコアメンバーを中心として、本プロジェクト終了後の WUC の活動内容が最後の WUC 会議で協議、決定された。

表 4-6 WUC のメンバー

住民関係者	政府関係者
14 人の水利用者（バラタウンから 8 人、アルケヘランから 6 人） <u>バラ</u> ● Forces of Freedom and Change (FFC) (1) ● 女性代表者 (1) 注：女性農家組合の代表者 ● 灌漑農家 (3) ● 市内の私有井戸の所有者・運営者 (3) <u>アルケヘラン</u> ● 灌漑農家 (6) 注：メンバーの 1 人はオムダ(スーダンの伝統的な指導者)	バラ・ローカリティの政府関係者 6 人 1. エグゼクティブオフィサー ² 2. バラタウンウォーターマネージャー（本プロジェクト州政府 C/P） 3. 農業局長（本プロジェクト州政府 C/P） 4. 法務省代表 5. 経済安全保障委員会の代表 6. 保健セクター代表

3) WUC の知見、教訓、課題

3-1) 知見

WUC のハブとしての機能化

全 6 回の WUC 会議を通じて、水資源に関する情報共有、水利用者の懸念や要望の収集、水利用者と政府がとるべき行動についての議論などが実現した。政府職員にとっては、水利用者と直接協議できるプラットフォームを得ることができた。WUC メンバーにとっては、水資源の現状と将来展望を知る機会となり、WUC の意義と有用性が認識された。これまでの会議の推移から、WUC は引き続き両者にとって水資源管理について議論するのに適した場になると期待される。双方は 2022 年 12 月からすでに、具体的な節水の方策についての議論を開始している。

WUC を通じた情報共有による水資源への意識と行動の向上

WUC メンバーの反応より、WUC メンバーはバラの地下水のメカニズムや現状、将来の分析についての理解を深めたことが確認された。ある WUC メンバーは、「地下水は無限にあると思っていたが、限りある資源であり、将来のために水を管理する必要があることを理解した」と語っており、彼らの意識を変えることになった。また、実際の行動変化として、公共井戸の管理人であるメンバーは、節水の重要性を学んだことにより近隣住民への水の提供時間を減らしている。加えて、WUC メンバーは水を含めた天然資源を管理するための「天然資源管理委員会」を自主的に設立し、別途議論を始めている。

SWRC・TC と WUC の連携と信頼構築

2021 年 7 月より、WUC の 2 名の代表者が SWRC 及び TC に参加し始めた。SWRC の意思決定に水利用者が参加することは、政府の意思決定の透明性と双方の信頼構築への第一歩となった。また、行政と水利用

²行政部門におけるローカリティの責任者

者が協力して対策を検討し実施することを可能にする。

3-2) 教訓

早い段階での集中的な議論の必要性

当初 WUC のメンバーは、WUC は政府主導で設立されたものであり、自分たちは単なるゲストであると考えていたため、WUC の組織構造についての主体的な議論が進まなかった。早い段階で WUC メンバーと彼らの参加方法について話し合う時間をもっと割くべきであった。

WUC メンバーの出席率の低さ

プロジェクトチームが会議の開催日を前広に通知できなかったため、WUC メンバーの会議参加率が低くなった。しかし、第 6 回 WUC では、WUC の委員長が自ら他のメンバーに連絡して出席を依頼したため、出席率が向上した。本プロジェクトを通じて WUC メンバーがオーナーシップを持ち始めたので、今後状況は改善される可能性が高い。

水利用者と関係のある公務員の存在

バラのウォーターマネージャーやバラの農業局長のように、地域の水利用者や関係地域をよく知る行政官との協力の重要性が確認された。

3-3) 課題

水利用者を代表する組織や人物の不在

スーダンの政治・社会変化が激しい時期に本活動を実施したため、コミュニティレベルの組織の解体があり、WUC に参加する代表者や組織選びが困難であった。その結果、女性や若者、遊牧民などを当初想定通りに関与させることができなかった。今後も引き続き、政府や WUC メンバー自身によって、WUC をより良い組織にするために代表者の追加が検討されなければならない。

地域的に限定された代表者

WUC は、上述の通り協議体の規模や本プロジェクトの活動範囲を考慮して、バラタウンとアルケヘラの地域代表のみを構成員に加えてスタートしたが、将来、アルバシリ副帯水層の他の村からの代表追加を検討する必要がある。

(3) 国家水資源協議会 (National Water Resources Council、NWRC) の再活性化

1) 背景と目的

2021 年 8 月に 1995 年水資源法の改訂案が施行されたことを契機として、同法の枠組みの中で IWRM の全国普及を目指すという意図のもと、同法で定めている全国水資源協議会 (NWRC) の再活性化のための具体策な検討が連邦政府 C/P により開始された。本プロジェクトでは、パイロット活動と並行してその支援及び助言を行った。

2) 活動

歴史的には、1995 年に施行された「Water Resources Act」に基づき NWRC が設立され、その後 3 回にわたり NWRC 会議が開催されたが、現灌漑・水資源省上層部の消極姿勢から長い間休眠状態に陥り、2023 年 3 月の段階でも続く会議が開催されていない状態にある。2016 年の本プロジェクト開始後、当時の連邦 C/P

Project Director（灌漑・水資源省顧問）を中心に省内で NWRC の再開を目指す動きが始まり、その結果、2021年の8月に「Water Resources Act Amendment（改訂水法）」が交付された。改訂水法は、NWRCのメンバー構成を変更し、新たに WRTO の役割を明文化している。以下がその概要である。

- メンバー構成：灌漑・水資源省、防衛省、外務省、法務省、最高裁判所、農業・森林省、エネルギー・石油省、内務省、環境省
- 機能：水関連の政策承認、長期プログラムの承認、水資源を共有する他国との関係の管理、科学的研究の奨励、必要に応じた委員会の設置
- 関与事項：水利用の監督、水利用に関わる許認可の基礎の構築、適正な水配分の検討、水利用の規制、灌漑用水利用の記録
- 開催頻度：年2回
- WRTOの機能：水に関わる政策の立案と NWRC への提案、水施設の保守に関わる助言、長期プログラムの立案、調査・研究、他国との関係の監督、将来水需要の予測と必要な管理の提言、ナイル川に関わる国際会議の代表、法律の改定に関わる提言、国際協力、その他

改定水法の弱点は、メンバーに各州の代表が含まれていない点である。この弱点を補うために、C/P と JICA 専門家チームにより「Federal-State IWRM Partnership Committee」の設立が構想され、2023年3月15日に JPT 予算を活用して第一回会合が開催された。目的は連邦政府と州政府の情報共有と水資源に関わる協議を行うための定期的な機会を設けることである。また、改定水法では WRTO に新たに多くの重要な任務が課せられているが、人的リソースなどの点で現在の WRTO の体制では対応が難しい。この状況に鑑み、C/P と JICA 専門家チームは WRTO の組織能力を強化する手段として、2012年に地下水ワジ局に設立されながら休眠状態にある IWRM ユニットの WRTO に移設し「WRTO-IWRM ユニット」として本格的活動を展開するという提案を策定した。

3) NWRC に関わる知見、教訓、課題

以下が今後の課題である。

- 連邦灌漑・水資源省 C/P を中核とする WRTO-IWRM ユニットの移設と WRTO の組織能力の強化
- 「Federal-State IWRM Partnership Committee」の恒久化
- NWRC 活動再開後第1回の NWRC 会議の開催

4.5.2 モニタリング活動の強化

(1) 表流水・地下水モニタリング

1) 目的と背景

IWRM の推進のためには、ステークホルダー間の協議の場を設けるだけでなく、協議の根拠となる科学的なデータ及び分析結果を、水資源のモニタリングを通じて継続的に整備・提供することが不可欠である。同プロセスの実践として、本パイロット活動では、①表流水・地下水モニタリングシステム体制を構築し、モニタリングデータをデータベースで持続的に管理する、②得られたモニタリング結果を、SWRC と WUC が主導する合意形成・政策決定システムにおいて、バラ帯水層の持続的利用のための協議や政策決定に利用する、ことを目的に、表流水及び地下水のモニタリングを実施した。今般モニタリングを通じて、表流水及び地下水の現状把握と将来予測を行い、今後の水資源保全のために必要となる解決策を SWRC 及び WUC に提案した。以下のその内容を示す。

2) モニタリングの概要

問題の現状と原因を把握するために、バラ帯水層における表流水・地下水モニタリングを実施した。その内容を表 4-7 に示す。

表4-7 水資源モニタリングの概要

モニタリングの対象	井戸の種類		モニタリング箇所
地下水	浅層地下水位	参加型	60
		自記水位計	10
	深層地下水位	手計式	4
	水質		複数
表流水	河川流量		3

3) 表流水モニタリング

2019年の雨季から2023年の雨季までの4シーズンにわたり、Shikeran ワジに沿った4地点でワジモニタリングを実施した(図 4-13 参照)。また El Ain 貯水池と Bagara 貯水池においては深浅測量調査を実施した。

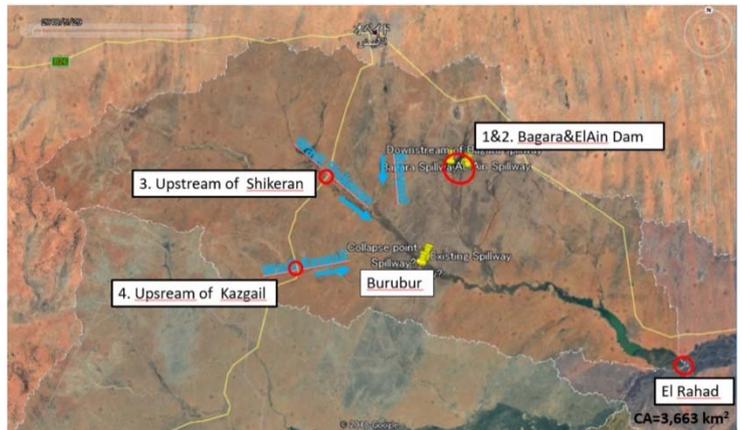


図 4-13 表流水モニタリングの位置

4) 地下水モニタリング

4-1) 浅層地下水のモニタリング

地下水のポテンシャルを評価するとともに、水利用者が自ら地下水位をモニターすることで地下水資源の有限性を認識し節水の重要性を認識させることを目的に、浅層地下水の参加型モニタリングを実施した。モニタリング開始当初から多くの水利用者が作業に参加した。モニタリングの候補井戸は図 4-14 の通り選定した。2020~2021年に各地点で参加型モニタリングを実施するとともに、2021年10月からは自記水位計によるモニタリングを追加した。

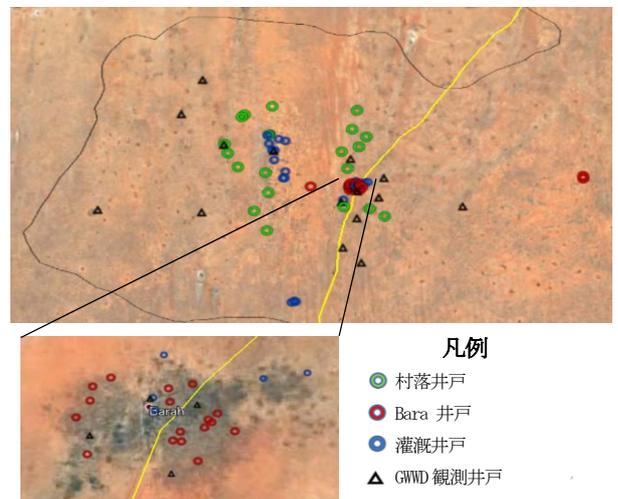


図 4-14 浅井戸モニタリング井戸位置

参加型モニタリングの結果

2020年からの参加型モニタリングの結果、バラタウンにおける地下水涵養量は10~60mm/年と算出され、安全揚水量はバラタウンでは38m³/日/井戸と推定された。現在のバラタウンの井戸の平均揚水量は80m³/日/井戸であり、推定安全揚水量のほぼ2倍である。実際に、モニタリング期間中にバラタウンで平均0.37m/年の井戸水位の低下が観測されており、現在の揚水量が続けばバラタウンの地下水位は継続的に低下することが明確となった。

モニタリング方法の変更

図 4-15 は、a) 参加型モニタリングと b) 自記水位計によるモニタリングの結果を示している。

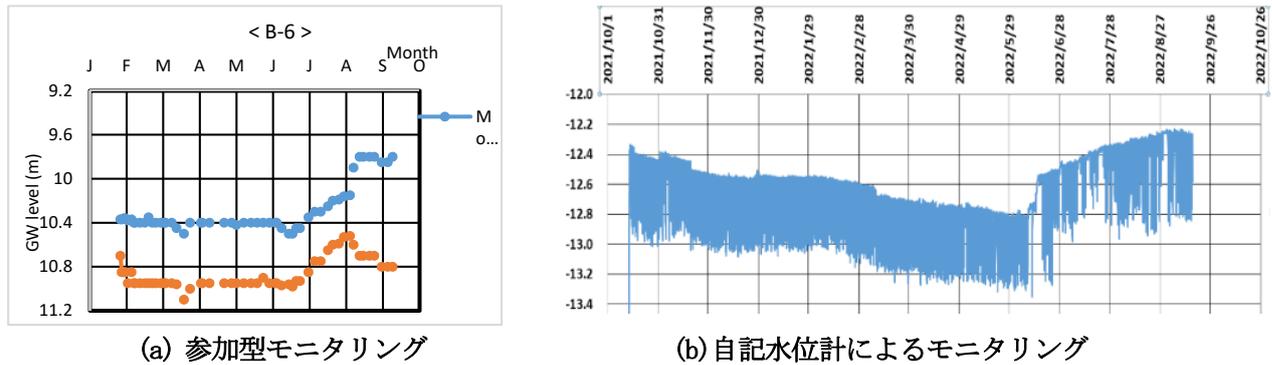


図 4-15 モニタリング結果

同図の地下水位の変動パターンより、自記水位計の結果の方が信頼性は高いことが明白である。以上の結果を踏まえ、本活動ではより精度の高い解析を行うため、モニタリングの方法を参加型モニタリングから自記水位計によるモニタリングに切り替えることとした。

これにより参加型モニタリングは終了することとなったが、約 1 年間に及ぶ参加型での作業を通じて、井戸利用者が地下水資源の有限性に気づき節水の必要性を認識するという目的は十分に達成された。加えて、相対的に信頼性は劣るものの参加型モニタリングでも自記水位計とほぼ同様の結果を得られていることから、今後、水利用者が手作業でモニタリングを行うことの技術的な意義を確認することができた。

参加型モニタリングの教訓

モニタリングの頻度は井戸ごとに異なり、井戸利用者の意欲が反映されることとなった。井戸利用者に毎日正確に水位を観測してもらうことは容易ではないが、以下に改善方法を提案する。

まず、井戸利用者は一般住民であるため、モニタリングのための特別な訓練を受けていない。同時にモニタリング結果について十分な知識を持たないため、モニタリング結果が妥当であるかの判断ができない。したがって、井戸利用者への十分な技術指導が必要である。また、井戸の口径が大きい場合、あるいは井戸の内部で口径が深度方向に2~3段階に縮小している場合は、水利用者が安全に地下水位を測定することは困難であることから、直径 1.5m 以下の小型の井戸また単一の井戸径を持つ井戸を選択する必要がある。加えて、モニタリングの対象として、意欲的な水利用者がある井戸を選定すると同時に、政府技術者は、モニタリング井戸を定期的に巡回して水利用者とは対話し、モニタリング作業を継続させる動機付けを行うことが重要である。

4-2) 深部帯水層のモニタリング

Al Sidir 井戸群において深部帯水層のモニタリングを実施した。モニタリング井戸として、MIUD が深度 300m の深層ボーリング孔を 4 本掘削し、2020 年 3 月に井戸が完成した。モニタリング井戸の位置は図 4-16 の通りである。

2020 年 2 月から 2021 年 4 月までの Al Sidir 井戸群のモニタリング結果を図 4-17 に示す。全体として地下水位が低下しているという明確な傾向は見られない。その理由の一つとして、観測期間中にて、井戸群の井戸の多くがポンプの故障によって運転を中止していたことが考えられる。

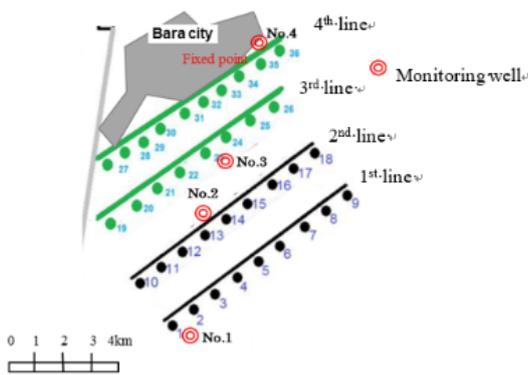


図 4-16 Al Sidir 井戸に設置された
モニタリング井戸

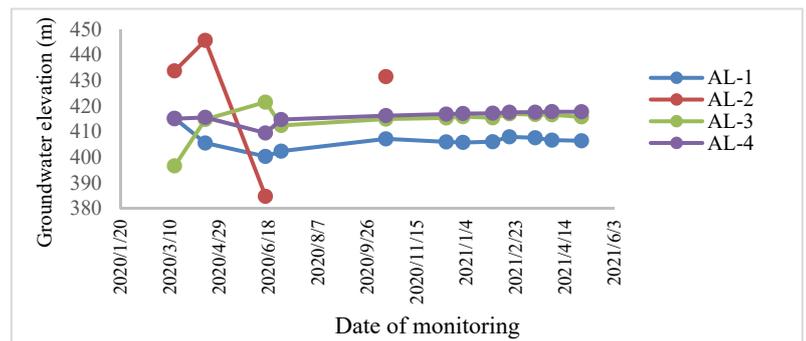


図 4-17 2020 年 2 月から 2021 年 4 月までの
Al Sidir 井戸群のモニタリング結果

4-3) 地下水質

2019 年の TC において、バラタウンの個人井戸の地下水質に問題があることが議論された。この指摘を受けて、バラタウン個人用井戸の地下水を対象に水質分析を実施した。

C/P は、地下水モニタリングの対象であるバラタウン浅井戸の水質を分析した。その結果、NO₃ の濃度は、対象井戸の半数以上で WHO のガイドライン規定濃度を超過していることが判明した。加えて、大腸菌群に関する水質分析の結果、大腸菌群と NO₃ の相関が確認された。このことから、NO₃ が高濃度になる原因は生活排水に起因するものであることが本モニタリングによって初めて明らかとなった。

5) モニタリング結果を活用した技術的分析

5-1) 北コルドファン州の現況の水収支

州政府 C/P と JICA 専門家チームは、地下水位の低下を中心とした水問題の長期的な解決策を検討するため、対象地域のモニタリング結果を用いて水収支の分析を行った。特に、地下水位の低下の原因となっている過剰揚水を抑制するための、地下水揚水量の削減目標を提示することを目的とした。技術的知見に基づく計画策定は、IWRM 実践の重要な側面である。地下水削減目標の設定を通じて、C/P が IWRM の実践の重要性を認識するとともに、本計画が他の州の計画策定のモデルとなることが期待される。

<現況の水収支の解析>

対象地域における現況および将来の水需要を算出し、まず現況の水収支を算出した。

対象流域

本分析の対象となったバラ地下水盆地は図 4-18 に示すとおりである。解析の対象として、水問題が指摘されているエルオベイド市、バラタウン、Al Bashiri 地区を含んでいる流域 (No.88、93、102) を選定した。

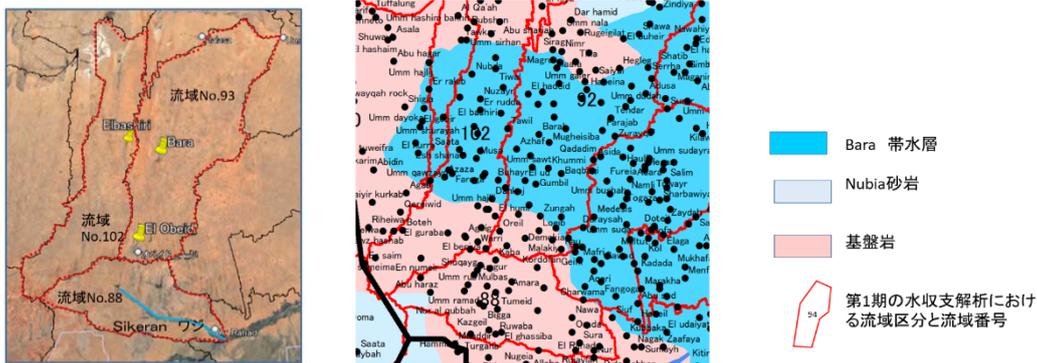


図 4-18 水収支解析の対象流域

水需要の分析

上記対象流域の水需要分析の結果を表 4-8 に整理した。

表 4-8 対象地域の水需要量

流域 No	村落数	農村部の給水量 (m ³ /日)		家畜の水消費量 (m ³ /日)		灌漑の水消費量 (m ³ /日)	
		2016年	2035年	2016	2035	2016	2035
88	32	2,880	10,368	2,784	5,024	0	0
93	73	6,570	23,652	6,351	11,432	12,600	22,680
102	45	4,050	14,580	3,915	7,047	17,200	30,960
全体	150	13,500	48,600	13,050	23,490	29,800	53,640

地下水収支の解析

水需要と水資源ポテンシャルの結果をもとに水収支解析を行った。バラ盆地の地下水の水収支を解析するために地下水モデルを作成した。このモデルの目的は、現在の水利用のもとでの地下水位の低下状況を予測することである。解析の条件のうち、バラ地下水盆の地下水涵養量として 14mm/年を与えた。

解析結果

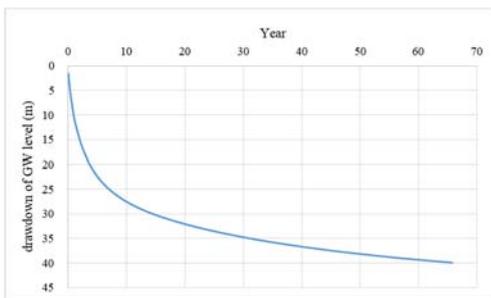


図 4-19 Al Sidir 井戸の
地下水位低下状況

図 4-19 に示すように、Al Sidir 井戸群の中心部における今後 60 年間の地下水位低下量を予測した。その結果、地下水位は長期にわたって低下することが予測される。Al Sidir 井戸群の地下水位は、Al Sidir 井戸群の中心部で 20 年間にわたり約 32m、すなわち 1.6m/年の速度で低下する。

表流水収支の解析

Sikeran ワジ流域には、i) Bagara、ii) Al Ain、iii) Burubur ダムの 3 つの貯水池が存在し、これら 3 つの貯水池からエルオベイド市に導水されていることから、同 3 つのダムの水収支を解析した。

解析結果

現在のエルオベイド市の水需要は 50,000m³/日であり、そのうち 30,000m³/日は Al Sidir 井戸群から供給されている。したがって、当該 3 つの貯水池からの給水が必要なのは残り 20,000m³/日である。上記ワジ流出量の解析結果をもとに、3 つの貯水池からの取水量の最適な配分比率をシミュレーションによって求めた。その結果、図 4-20 及び表 4-9 に示すように 3 つの貯水池を効果的に運用することで、エルオベイド市に

20,000 m³/日の水を最も持続的かつ安定的に供給できることがわかった。

表 4-9 最適化結果

貯水池名	毎日の給水 (m ³ /日)	1年間の平均給水可能月数(月)
Burubur	10,700	11.5
L Ain	4,200	11.4
Bagar	5,100	11.6
合計	20,000	11.5

5-2) 対象地域の現在の水問題

上記の水収支解析の結果から推定される、対象地域の現在の水問題は以下の2つとなる。

a) 水問題-1：バラタウンと Al Bashiri 地区での過剰な地下水の揚水

バラタウンと Al Bashiri 地区での過剰な灌漑用水により、浅層帯水層の地下水位が急速に低下し井戸が枯渇する恐れがある。これを防ぐためには、灌漑のための地下水揚水を規制する必要がある。

b) 水問題-2：Al Sidir 井戸からの過剰な地下水の揚水

Al Sidir 井戸群の地下水位は長期にわたって低下しており、エルオベイド市への水供給の持続可能性に問題がある。今後、エルオベイド市の人口が増加すると Al Sidir 井戸の地下水位がさらに低下する。その対策として、Sikeran ワジからの取水量を増やし、Al Sidir 井戸群からの取水量を減らす必要がある。

水問題-1: バラタウンと Al Bashiri 地区での地下水過剰汲み上げ問題の分析

バラタウンと Al Bashiri 地域の浅層帯水層から安全に揚水できる量を計算した。この揚水量は安全揚水量と呼ばれ、地下水位低下を抑制する目安となる。安全揚水量の算出は以下2つの方法で行った。

(i) 簡便な方法

図 4-21 に示すように、バラタウン内の井戸の分布をモデル化し安全揚水量を推定した。また、このモデルを用いて地下水位の低下量を算出した。

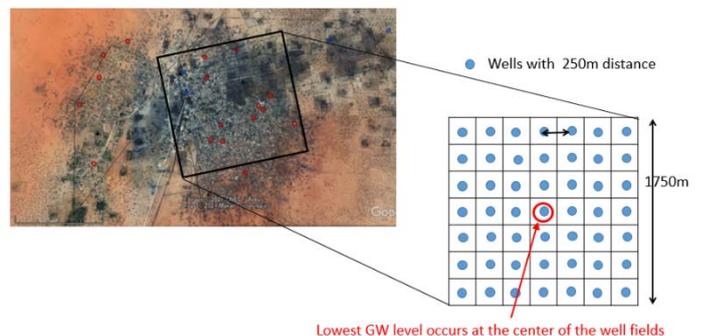


図 4-21 Bara town における井戸分布のモデル

解析結果

解析の結果、バラタウン井戸の安全揚水量は平均 37m³/日と推定された。一方で、参加型モニタリングの情報によりバラタウン井戸の現在の平均揚水量は 84.4m³/日であることが判明しており、これは、現状の井戸の揚水量は安全揚水量のほぼ2倍であることを意味する。

(ii) 詳細な方法

地下水シミュレーションモデルを用いて地下水位の将来予測を行った。以下の2つのケースを計算し、それぞれの結果を得た。

ケース(a)：バラタウンと Al Bashiri 地区にて現在の揚水量で揚水し続けた場合、20年後におけるバラタウンと Al Bashiri 地区の地下水位低下量は最大 22m であり、枯渇した井戸が多数出現する可能性がある。

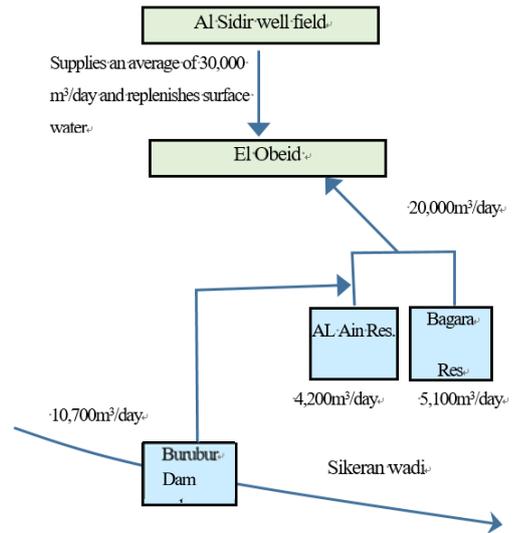


図 4-20 最適水配分

ケース(b) : バラタウンと Al Bashiri 地区にて現在の半分の揚水量で揚水し続けた場合、20 年後におけるバラタウンと Al Bashiri 地区の地下水位低下量は 8m 以内であり、現在の揚水は継続可能である。

以上の結果から、今後の持続可能な地下水利用のためには、地下水の揚水量を現在の半分にすることが必要であると結論づけられる。

問題-2: Al Sidir 井戸群からの地下水過剰汲み上げ問題の分析

Al Sidir 井戸群からの過剰な地下水揚水に対処するため、Sikeran ワジからの取水量を増やし、Al Sidir 井戸群からの取水量を減少させる必要がある。具体的には、Sikeran ワジの 3 つの表流水源（Burubur ダム、Al Ain 貯水池、Bagara 貯水池）からの取水を最大化し、Al Sidir 井戸群からの揚水量を最小化させる。この対策に向けて、Sikeran ワジからの最適な取水量の解析を行った。

解析結果

解析結果を図 4-22 に示す。雨季には Sikeran ワジの 3 つの貯水池からエルオベイド市に 50,000 (m³/day) を送ることが可能であるが、乾季の終わりには不可能である。従って、その期間中は Al Sidir 井戸からの地下水を使用することになる。

Al Sidir 井戸群の揚水量減少とバラ帯水層の地下水位回復

上記を踏まえて Sikeran ワジからの取水量を増加させたと想定して、Al Sidir 井戸群からの給水量を 30,000 (m³/日: 100%) から 11,500 (m³/日: 40%) に減少させた場合の地下水位回復量は図 4-23 のようになる。同図に示すように、Al Sidir 井戸群からの地下水は、現在の揚水量の 40%~50% までなら持続的に利用できることを示唆している。

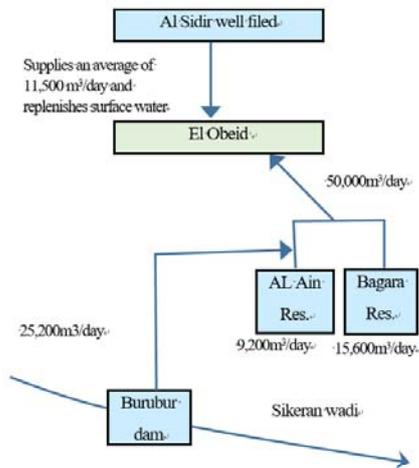


図 4-22 Sikeran ワジ取水量計画

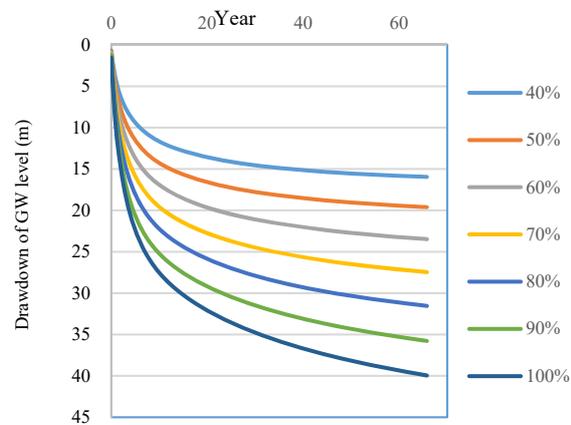


図 4-23 Al Sidir 井戸群の揚水量の削減 (%) による地下水位の長期的低下量

5-3) 2035 年における対象地域の水問題

対象地域の現在（2022 年）の水問題については前項で述べた通りであるが、これを踏まえて 2035 年の水問題について検討を行った。

2035 年にはエルオベイド市の人口が増加し、水需要が 50,000m³/日から 65,500m³/日に増加すると予測されている。この場合に、Al Sidir 井戸群からの揚水量は 2022 年のレベルと同様とし、Sikeran ワジの 3 つの貯水池からの取水量を増加させると仮定した場合の最適取水量を算出した。最適化結果を図 4-24 に示す。

同図に示すように、Sikeran ワジ からエルオベイド市へ 65,500 m³/day を通年で供給することは不可能であり、不足分を Al Sidir 井戸群から補充する。この場合、補給すべき水量は平均 21,300 m³/日であり、現在の 30,000 m³/day の 70% に相当する。これを踏まえ、Al Sidir 井戸からの揚水量を増加させず 2035 年に想定されるエルオベイド市への給水量を確保するには、以下のような対策が必要である。

- エルオベイド市の都市用水を節約しつつ、漏水を減らすことで、水使用量を削減する。
- 新たに Sikeran ワジの下流にある El Rahad からエルオベイド市に送水する。

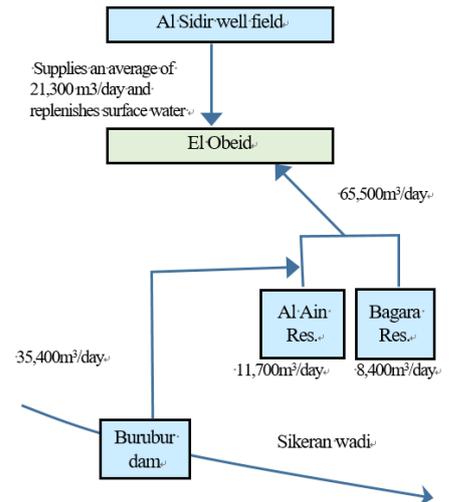


図 4-24 2035 年に想定される
表流水と地下水の連携利用

6) 深層帯水層による浅層帯水層の地下水位への影響

前項までは浅層地下水と深層地下水を分けて議論していたが、浅層帯水層と深層帯水層は粘土層を挟んで連続しているため、Al Sidir 井戸群の揚水がバラタウン浅層帯水層の灌漑井戸の地下水位を低下させる可能性がある。このため、両帯水層からの地下水を並行して安全に利用するための揚水量をシミュレーションモデルで計算した結果、バラタウン及び Al Bashiri の灌漑（浅層帯水層）と Al Sidir 井戸群による都市給水（深層帯水層）において地下水を持続的に利用するためには、以下の 2 つの条件が必要であると判明した。

- バラタウンと Al Bashiri 地区の灌漑用揚水を現在の半分（12,000 m³/日）にする。
- Sikeran ワジからの取水を増やし、Al Sidir 井戸群での揚水を 30,000 m³/日から 12,000 m³/日に削減する。

結論として、バラ帯水層を持続的に利用していくためには、バラタウン及び Al Bashiri 地区の灌漑用水量と Al Sidir 井戸群の揚水量を半分にすることがわかった。係る結果を SWRC 及び WUC にて関係者に共有した。

7) モニタリング及び解析を通じた知見・教訓・課題

モニタリングと、その結果を活用した技術的分析の実践を通じて得た知見・教訓・課題は以下の通り。

モニタリングと技術分析の必要性に対する理解の欠如

- パイロット活動地域では水資源のモニタリングがほとんど行われていなかったことが改めて確認された。Al Sidir 井戸群からは大量の深層地下水が揚水されエルオベイド市に送水されているにもかかわらず、地下水モニタリングは行われていない。また、バラタウンでは浅層地下水を大量に揚水し、園芸作物栽培の灌漑用水として使用している。加えて、エルオベイド南部の Sikeran 流域では流量（表流水）モニタリングが行われていないにもかかわらず大規模表流水開発が進み、持続性が問われている。
- モニタリングは IWRM 以前の水資源管理のために必要な基本的要件であり、その欠如は IWRM の原則の一つである科学的な判断を妨げることになる。このような観点から本活動において各種モニタリングを行うこととし、特に Al Sidir 井戸群の深層地下水については、MIUD と将来の地下水資源枯渇リスクについて協議を行った結果、MIUD が 4 本の観測井を整備するに合意した。
- モニタリングが行われていない理由として予算難がしばしば指摘されているが、技術的理解の不足も考えられる。すなわち、持続的な地下水の揚水可能限度量は地下水の涵養量であるという基本的な理

解が不足しているものと思われる。今後、北コルドファン州において SWRC が IWRM 普及を進めていくうえで、モニタリングの実施は科学的根拠に基づく合意形成の基本要件となることから、モニタリング体制の拡充と技術的な啓発を推進していくことが求められる。

技術的解析に基づく合意形成への第一歩

- 表流水の水収支分析は長期降雨予測と河川流出解析により比較的容易に行えるが、スーダンでは行われていない。本プロジェクトでは、Sikeran 流域に建設中の BuruBur ダムについても水収支計算を行い、同ダムの正確な水供給可能量を算出した。その結果、実際の供給可能量は州側が考えているよりも小さく、エルオベイド市の年間を通した全水需要を賄えるだけの量ではないと判断された。本結果に基づき、雨季を含む 6.5 ヶ月間を BuruBur ダムが賄い、残りの 5.5 ヶ月間は Al Sidir 井戸群の深層地下水により賄うことでエルオベイド市の年間水需要に対応するという表流水と地下水の連携利用案を立案し、州政府に提案した。本プロジェクトによるモニタリング結果に基づく分析からこのような科学的な解決策の提案に至ったことで、今般、バラ帯水層の水資源保全に向けた合意形成のための意見交換の準備が初めて整ったと言える。これまでは、科学的・技術的裏付けがないまま政治的な思惑や慣習などに基づいて意思決定が行われてきたスーダン及び北コルドファン州の状況に対して、技術的アプローチのモデルを示すという形で一石を投じたことになる。

政府機関の認識と啓発の必要性

- 本パイロット活動のモニタリングと水収支シミュレーションの結果を MIUD と共有し、Al Sidir 井戸群地下水の枯渇リスクを協議したところ、MIUD の危機意識が高まり、MIUD は 4 本の観測井の掘削とエルオベイドへの送水量の削減を決定した。一方で、その後上述の Al Sidir 井戸群の地下水と Sikeran 流域表流水の連携利用を MIUD に提案したところ、Al Sidir 井戸群からの地下水がなくとも Sikeran 流域表流水が年間を通じてエルオベイド市への送水が可能という技術的な根拠とは異なる反論が示された。協議の結果、Sikeran 流域の表流水モニタリングを継続して更なる検討を行うことで合意した。このように、技術的な根拠が政府機関のアクションにつながる可能性とともに、現状として更なる啓発が必要であることが判明した。
- WUC の協力のもと浅層地下水の参加型モニタリングを実施した。作業に手間がかかることもあり一時的に水利用者のモチベーションが下がったこともあったが、同時期に問題が顕在化したアフリカ開発銀行（後述）による給水事業をきっかけに危機意識が高まり、参加型モニタリングに対する意欲が再び高まった。それまで想定していなかった、自分たちの水利用の範囲を超えた外部への送水（他地域への給水事業）という新しいリスク要因に直面し、結果的にショック療法的な啓発効果があったと言える。

水をめぐる紛争

- 北コルドファン州の場合ワジという季節河川がほとんどであり、年間を通して河川水が存在する場合のような上流・下流問題は見られない。
- 当該地域において違った形で水利用者間の対立が見られるのは、地下水資源の豊富な地域と、基盤岩地域など水資源の乏しい地域の間での対立である。本地域においては、アフリカ開発銀行（AfDB）が支援する El Mazroub 地域への給水事業をきっかけに、このような対立構造が浮き彫りになった。El Mazroub は Al Bashiri から北西 100km の基盤岩地域に位置し、慢性的に水不足が深刻な地域である。AfDB の支援のもとバラの地下水を水源とする給水事業が計画されたが、バラ地域住民への事前説明が全くなされないまま計画が進められようとしたため住民の反対運動が起り、現在事業は停止中で

ある。バラの住民からすると、地下水位の低下が起り始めるなど自らの地下水資源の希少性に対する危機意識が高まっているところに何の説明もなく地下水を他地域に送水する計画が提示されたことで、反対の機運が一気に強まった。

- 本来、地下水は水循環の中で一時的にある地域の地下に滞留するという自然状況に鑑みると、バラや Al Bashiri の地下水はその上に住む住民だけのものでなく他地域の住民もアクセスしてよいとも考えられる。しかしながら、上述のケースの場合は、地下水の公共性に対する認識が低いことに加えて、十分な説明がないまま給水事業が進められようとしたため反対運動につながった。同給水事業の計画に先立ち実施された調査結果も共有されていなかった。
- 本プロジェクトは上記の問題に対して直接答えを出す立場にはなかったため見解を表することは控えたが、本来は十分な技術的検討に基づき時間をかけて丁寧に合意形成を図るべき問題であったというのが JICA 専門家チームの認識であり、本プロジェクトで目指す IWRM の必要性を示すことにもなった。

地下水ワジ局の役割

- 地下水ワジ局の北コルドファン事務所は、連邦灌漑・水資源省が所管する地下水ワジ局の出先機関である。本来、非ナイル地域の水資源管理を担う立場にあるが、予算難や若手技術者の補充の欠如、低水準の給与、州政府との役割分担の不明確さ等の様々な問題を抱えており、本来の職務を果たせていない。本件においては、地下水ワジ局の局長が SWRC の設立に大きく貢献した。地下水ワジ局の予算難という現実の中で、地下水ワジ局が本来責任を持つモニタリング業務の予算を拠出する可能性が極めて低いことから、パイロット活動でのモニタリングは州予算を使って行った。今後他州でモニタリングを拡充しようとする場合、地下水ワジ局が担当すべきか、または州政府が担当すべきかの議論が起こることが予想されるが、各組織の現状を踏まえて柔軟に対応することが期待される。

(2) 節水灌漑

1) 背景と目的

Al Bashiri 副帯水層には2つの灌漑集積地である、バラタウンとその周辺のアルケヘラン地域がある。これらの地域において灌漑農業は重要な生計手段であり、農家は地下水を灌漑して果物や野菜を栽培している。農家は、井戸から可動パイプを使って畑の水路に水を灌漑する伝統的な灌漑方法を採用しているが、本プロジェクトの分析を通じて灌漑用水の過剰な揚水や増加が問題となっていることが確認された。こうした問題意識のもと、パイロット活動の一つとして節水灌漑の推進が選定された。

農家へのインタビューによると、バラとアルケヘランの農家は、乾季の作物生産のために1回の灌漑で 50 L/m^2 以上の水を一般的に使用している。これは明らかに過剰灌漑であることから、灌漑方法を改善し、農業部門での水利用効率を高めるために、2つの方法が検討された。1つ目は、従来の灌漑方法から近代的な灌漑方法への移行であり、2つ目は、従来の灌漑方法を改善して効率を高めることである。まずは、この2つの方法の妥当性について検討した。

なお、本パイロット活動は、水部門と農業部門間の州政府職員のコミュニケーション改善も目的として実施された。

2) 活動

2-1) 近代的灌漑への移行についての検討

近代的灌漑として農家から要望のあった点滴灌漑は、水利用効率が非常に高く、節水効果も高い。一方で、点滴灌漑は水が少しずつ滴り落ちるため、果樹や果樹などの間隔をあけて植える作物には適しているが、葉物野菜や根菜類などの密度の高い作物には適していない。また、初期投資が高く、一般の灌漑農家が点滴灌漑技術を採用することは難しい。バラタウン周辺の灌漑農家へのヒアリングを実施した結果、点滴灌漑のため必要と想定される初期投資費用が、同地域の一般的な灌漑農家の1～2年分の総収入に相当することが判明した。

こうした初期投資を実現するための方法として銀行からの融資が考えられるが、当該地域周辺に存在する銀行の融資条件は厳しく、これまでに裕福な農家しか利用実績がないことがわかった。また初期費用だけでなく、チューブの交換などの維持費用も必要となることから、一般の農家が点滴灌漑を導入するのは現実的でなく、本プロジェクトでの試行は見送ることとなった。

2-2) 伝統的灌漑における節水方法の模索（節水灌漑実験）

点滴灌漑の導入が現実的ではないため、本プロジェクトでは対象地域の農家が伝統的に実践している灌漑方法を改善することで、灌漑水量の削減を試みることにした。対象地域の農家に灌水量についての聞き取り調査を実施したところ、乾季の作物生産において過剰灌漑と判断できる数値を確認することができた。こうした条件設定のもと、4軒の灌漑農家の協力を得て、2022年11月から2023年2月（冬季）にかけて慣行の灌漑方法を改善し節水の可能性を探る実験を行った。

慣行の伝統的灌漑とは、畝間の水路に水を流し、その水路から1m×1mほどの大きさの一区画ごとに灌水していく方法である。実験はバラ及びビアルケヘランの各2軒、合計4軒の農家の圃場で行った。各圃場において、図4-25のように通常通りの灌漑頻度のゾーンと灌水頻度を通常より長く設定する（節水する）ゾーンを設けて、両ゾーンにおける作物（大根、ルッコラ、にんじん、オクラ）の生育状況を比較した。また、現行灌水量が適量かを判断するために、土壌保水力の確認のための実験も行った。

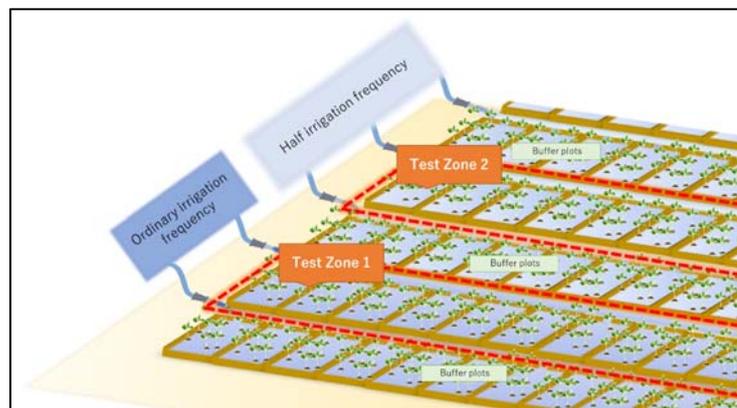


図 4-25 節水灌漑実験の圃場構成

節水灌漑実験の結果

得られた実験結果と分析は以下の通りである。

- ルッコラに関しては、灌漑頻度を少なくしたゾーンで収穫量が減り、作物の生育状況も悪くなった。これは、生育初期の根の長さが、水分が蒸発してしまう土壌の浅い位置にあるため、十分な水分を摂取できなかったためと考えられる。しかし、1軒の農家では、通常灌漑頻度の区

画で、過剰灌漑の兆候である細長く弱々しい葉、いわゆる徒長が確認された。この場合は、灌水頻度ではなく一度の灌水量を削減する栽培方法が適していることが考えられる。

- 大根では、灌漑頻度を少なくしたゾーンでの収穫量が減った。一方で、通常灌漑ゾーンでは徒長の発生が見られ、灌水頻度を少なくしたゾーンの方が大根部分の長さ・太さ等の生育状況が通常灌漑より良くなった。これは、軽度の乾燥に大根が直面した際に植物自らの適応策として水を探すために根を伸ばし、根部により多くの水を溜め込むことで水不足に適応しようとしたためと考えられる。このことから、大根においては一定程度の灌漑量・頻度をともに減らす余地があると考えられる。
- オクラに関しては、灌水頻度を少なく設定したゾーンで高い枯死率が確認された。また、枯死を免れた個体の生育を両ゾーンで比較すると、草丈に関しては大きな差がなく、灌漑頻度を減らしたことで生育が劣るといったことはなかった。これは、灌水頻度を減らしたことで、生育初期段階に根が下層部まで伸びる前に乾燥してしまい枯死率が上昇したが、枯死を免れた個体は下層土まで根を伸ばすことで十分生育できたと考えられる。よって、オクラは生育初期ではなく、生育後期に灌水頻度を少なくすることについて検討することが考えられる。
- にんじんは、初期の虫害の影響で実験結果を得ることができなかった。しかし、本プロジェクトの計画とは別に、農家が自主的に玉ねぎを対象に灌水頻度を少なくする実験を実施した。その結果、灌漑頻度を少なく設定したゾーンの方が、玉ねぎの玉の部分が大きくなった。これは、大根と同様に、軽度の乾燥に対して植物側が適応し、水を球根部分にため込んだためであると考えられる。

これら実験結果と、今後同様の灌漑実験を継続していくための提言をまとめ、北コルドファン州政府関係者と SWRC に共有した。

3) 知見、教訓、課題

3-1) 知見

点滴灌漑の実現可能性

上述の通り、一般の農家が点滴灌漑システムを設置するのは資金面で困難であることがわかった。しかし、現在、WUC と天然資源管理委員会（前項 4.5.1 (2) 参照）のメンバーは政府系銀行と協議を行っており、融資の条件が緩和される可能性がある。たしかに点滴灌漑が導入されれば節水は実現できるが、農家は初期投資費用と維持費をカバーするのに十分な利益を得る必要がある。政府と WUC メンバーは、点滴灌漑導入後に農家が財政的に困らないように十分に話し合う必要がある。

伝統的灌漑方法での節水

本活動による実験を通じて、伝統的な方法で灌漑用水を節約できる余地のあることが明らかになった。これまでに一部のドナーにより点滴灌漑システムが導入されたことはあるが、従来の伝統的灌漑方法のもとで節水しようというのはバラ及びアルケヘランの住民にとって新たな試みであった。北コルドファン州農業局と農民は、当初は点滴灌漑にしか興味がなかったが、今回の実験を通じて彼らの考え方が変わり、本プロジェクトの計画とは別に自らの農地で節水のための実験を始めた農家も確認された。

農業局の意識向上

各種パイロット活動や、TC、SC、SWRC、および本実験のプレゼンテーションを通じて、灌漑お

よび灌漑農業の水利用に関する北コルドファン州農業局職員の意識を高めることができたが、まだ十分とは言えない。今後、本実験に参加した農業局の C/P 2 人が経験と知識を他の職員に共有することが期待される。

3-2) 教訓

簡単な計画

本実験は非常にシンプルな計画としたが、州政府 C/P や農家が実験の方法を理解するのは容易ではなかった。そのため、実験区が当初の計画通りに整備されず、また C/P によるモニタリングも適切に行われなかったため、農家に依頼した記録が予定通りにつけられなかった。今後、今回のような節水灌漑実験を継続させるためには、計画は非常にシンプルにし、必要最小限のデータのみを収集するようにならなければならない。

3-3) 課題

農業局による灌漑農業に関する知識と普及活動の欠如

ヒアリングや実験の実施を通じて、北コルドファン州の農業局は灌漑農業に関する研究や普及活動を行っておらず、灌漑農業に関して農民を指導する知識や経験も持っていないことが明らかになった。北コルドファン州にある連邦農業研究センターの支部も、灌漑農業に関する研究は行っていない。このため、北コルドファン州において政府職員が灌漑農業を支援することは容易ではないことがわかった。

灌漑に関する統計の欠如

一部の農家は農業局に灌漑土地を登録しているため一定のデータが入手できるが、灌漑用地の場所やサイズ、栽培作物、灌漑水の利用量などの網羅的なデータは整備されていない。こうした統計が未整備なため、灌漑による水の使用量を推定し、灌漑用水を管理することは困難である。今後、どのようなデータを収集し管理していくか、水と農業の両セクターが協力して検討する必要がある。

(3) 地下水ライセンス

1) 背景と目的

バラ帯水層を対象とした問題分析において、浅井戸と深井戸の掘削及び揚水の管理システムが欠如していることが挙げられた。今後、新しい井戸が掘削されて大量の地下水が揚水され、状況が悪化することが予想される。そこで、パイロット活動の一つとして「井戸登録制度の構築」が選定された。本活動は、井戸の登録を義務化することで、井戸の掘削や揚水を規制することを目的としている。

2016 年の地下水規則

スーダン国連邦政府は、水資源管理を改善するため、2016 年に地下水規則を制定した。この地下水規則は、地下水を管理するために地下水利用のライセンスを付与することを規定している。この規則には 3 つの側面があり、1 つ目は井戸掘削の許可、2 つ目は地下水揚水の許可、3 つ目は井戸掘削会社の登録である。しかし、予算不足と組織体制の不備により、規制は全く実施されてこなかった。このため、灌漑・水資源省は、本プロジェクトのパイロット活動として、地下水規制法に基づき地下水ライセンスをバラ地域の水利用者に付与することを要請した。

地下水規則は、誰が何を担当し、どのようにライセンスを与えるかなどの詳細が規定していないため、こうした手続きの流れを設定して北コルドファン州で試験的に規制を実施することを計画した。また、規

制を実施するために何が必要か、どのようなギャップがあるかを確認し、連邦および州レベルで組織体制を整備するための教訓を学ぶことも目的とした。

2) 活動

基本的には連邦灌漑・水資源省が主導する活動であり、JICA 専門家チームは可能な範囲で支援するという姿勢のもと、灌漑・水資源省及び北コルドファン州政府を支援した。活動内容は以下の通り。

(a) 申請プロセス

申請のプロセスについて協議し、決定した。

ライセンス申請者からの申請書は、まずローカリティに提出され、次に州および連邦政府の地下水ワジ局（GWWD）に送られる。ローカリティのウォーターマネージャーは、申請書類を受領し、ローカリティ/流域の観点から申請をチェックし、申請の予備評価を行う。その後、ウォーターマネージャーは申請書をエグゼクティブオフィサーに送る。エグゼクティブオフィサーは、申請書とウォーターマネージャーからのフィードバックの受領の確認と、予備評価の確認を行う。申請書は、最終承認/二次評価のために州のGWWDに送られる。申請書に3つ以上の井戸が含まれている場合、または大量の水を消費する井戸がある場合、申請書は州GWWDから連邦GWWDに送られる。

(b) 連邦政府と州政府の分担

連邦政府と州政府が責任を負うべき帯水層の種類について、次のように分担が決定された。

表 4-10 帯水層の分類と担当

帯水層の分類		井戸ライセンス担当
越境帯水層	<ul style="list-style-type: none"> ・ バラ帯水層 ・ ヌビア砂岩 	連邦政府
地域の帯水層	地下岩	州政府

(c) 申請書様式の改訂

灌漑・水資源省が申請書のフォーマットを用意していたが、このフォーマットは専門用語が多く理解しにくいのに加えて、1つのフォームに新規井戸用と既存井戸用の2種類の申請書が混在していた。そのため、プロジェクトチームにて以下の通り協議し、フォーマットの変更を行った。

- フォーマットを 1) 既存井戸と 2) 新規建設井戸の2種類に分ける。新規井戸の場合、申請者は最初に井戸を掘削する許可を得てから、地下水の使用許可を申請する必要があることとした。
- 申請書には井戸の技術情報を記載する箇所があるが、今後修正する必要がある。この技術情報は、掘削リグによって掘削された深井戸を対象としたものであり、掘削者しか記載する情報を有していない。したがって、これら情報は手掘りの浅井戸には適さず、井戸の所有者がフォームに記入することはできない。この背景として、同フォーマットを用いて当初は違法掘削業者の取り締まりを行う想定があったためと言われている。

(d) ライセンス付与の試行

2022年12月、本プロジェクトが参加型モニタリングのために選択した井戸を対象として試行的なライセンス付与の活動を開始した。本活動を通じて、事務的な経験の蓄積と井戸利用者の理解促進を目指した。

C/Pは、WUCメンバーなどの井戸所有者に申請書の記入方法と添付が必要な必要書類を説明し、約20人の井戸所有者/オペレーターに申請書のフォーマットを手渡した。水利用者は現在、申請書と土地所有権の書類を準備している。申請書が提出された後、州GWWDがライセンスを発行する予定である。この活動を経て、州政府関係者や水利用者らよりフォーマットと申請プロセスに関するコメントを収集し、必要に応じてフォーマットや手続きの流れなどを改善していく。

(e) ライセンス許可の判断

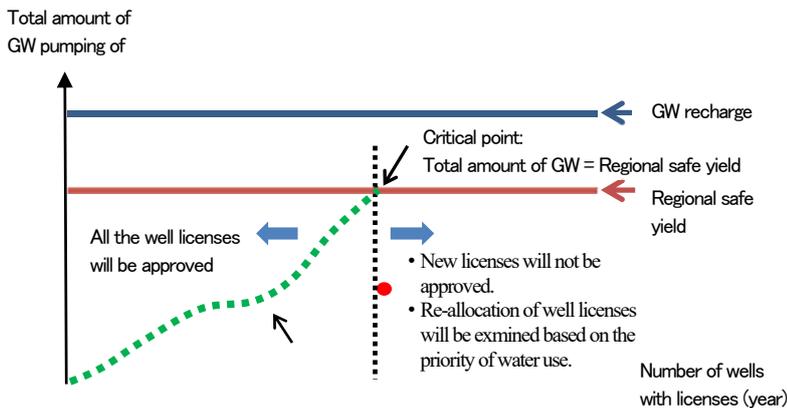


図 4-26 安全揚水量と井戸許可証の発出との関係

井戸規制法の施行にあたっては、地下水位と井戸の揚水量 (m³/日) のモニタリングが有効である。井戸の許可証の発行可否は、その地域の井戸の安全な揚水量との関係で判断される必要がある (図 4-26 参照)。井戸からの総揚水量が地域の安全揚水量以下であれば、制限なしに井戸使用の許可が発出される。しかし、総揚水量が地域の安全揚水量を超過した場合は、許可証の発出を規制すべ

きである。このように、井戸の安全揚水量は井戸許可証の発行において重要な決定要因となる。許可証は地下水の利用の優先順位に従って分配されるべきであり、その優先順位についてはSWRCにおいて関係者間で議論されることが想定される。

(f) データベースへの入力

ライセンスが付与され登録された井戸の情報は、後述の通り本プロジェクトにて作成されたデータベースに入力され、本データベースで一元的に管理される予定である。

3) 知見、教訓、課題

3-1) 知見

地下水規則の施行開始

地下水規則は2016年に承認されたが、5年以上施行されていなかった。C/Pはこの規制の重要性をGWWDやその他政府関係者に説得し、活動を開始した。これは、地下水規則を施行するうえでどこから手を付けてよいか分からなかったGWWDにとって重要な一歩であった。

申請書類の作成と申請の流れ

申請フォーマットは本プロジェクトによって改訂され、申請プロセスが合意された。今後、地下水規制の拡大実施前に本パイロット活動の経験に基づいてさらに改善されることが望まれる。

エリアの優先順位付け

パイロット活動を通じて、連邦政府が全国一律に地下水ライセンス制度を適用しようとしていることがわかった。地下水の利用、利用可能性、および地下水の枯渇のリスクは地域によって異なる。よって、各地域の地下水事情に合わせた許認可制度を整備し、適用することが望ましい。

3-2) 教訓

地域性による地下水規制実施の難しさ

日本のように地方政府が自ら地下水規制を整備・実施すれば、現地の実情に合わせて運用できる。しかし、灌漑・水資源省は全国的に適用される規制を準備し、試行することを計画した。そのため、本パイロット活動の地下水ライセンスは州政府と連邦 GWWD と協議しながら用意を進めたが、調整に時間が要した。連邦の灌漑・水資源省が主導することは、各州政府が地域の状況に応じて州レベルでのライセンスの申請形式と評価基準を決定することを困難にする。灌漑・水資源省は、州に裁量権を与えることを含め、将来の展開を再検討する必要がある。

地下水の公共性とライセンスの意義

スーダンでは地下水は公共の水と定義されているが、一般市民からは地下水を私的な水であると考えている声が聞かれる。そのため、科学的な根拠を持たない井戸のライセンス制度に対して住民は不信感を抱いていることが考えられる。今後、井戸使用者にライセンス制度のメリットを粘り強く説明し、理解を得ることが必要となる。

3-3) 課題

地方行政官の関与

パイロット活動において、連邦および州の GWWD の CP は直接水利用者と連絡を取っており、申請プロセスで定めたローカリティ職員の関与がない状況が見られた。今後、多数の井戸が申請の対象になると、州の GWWD が個々の井戸に個別に対応することは現実的でなく、各地域のローカリティ職員の関与が必須となる。

申請評価に必要なデータと知識の不足

州政府は、ライセンスの申請を評価するための地下水に関する十分なデータを保有していない。連邦政府も、州政府がそれらを検査するのを指導する十分な知識とデータを持たない。そのため、今後、地下水モニタリングや解析を継続し、申請を評価するための科学的なデータを十分に蓄積していく必要がある。

井戸掘削会社の登録

地下水規制により掘削会社の登録が義務付けられているが、本プロジェクトでは詳細に検討することができなかった。井戸掘削業者の能力不足で井戸建設が失敗するケースも多く、適切な知識と技術を有する企業を登録することは非常に重要であることから、今後の実践が望まれる。

新規井戸のライセンス

本パイロット活動では既存の井戸のみを対象とした。新規井戸の申請プロセスは既存の井戸よりも複雑である。新規井戸の場合、最初に井戸を掘削する許可を得て、その次に地下水利用のライセンスを得るため、2つの段階の申請が必要となる。したがって、連邦および州の GWWD は、次に新規井戸を対象とした活動を行い、今回のように試行的にライセンスを付与して教訓を学ぶべきである。

州レベルでの調整

北コルドファン州内において、GWWD 及び関係組織間の調整が不十分で、新しい井戸を掘削する許可が調整されていない。GWWD の資金と人的資源は限られているため、GWWD は他の関係組織と連携を検討していく必要がある。

(4) データベース

1) 目的と背景

水資源のモニタリングデータおよび井戸台帳としての情報を網羅するため、水資源データベースの構築がパイロット活動として選定された。データベースは、必要に応じて政府機関がアクセスし水資源管理に利用することを目的とする。また、SWRC と WUC を中心とした合意形成・政策決定システムにおいて、バラ帯水層の持続的利用のための協議や政策決定にデータベースの情報が活用される。

本プロジェクトにて構築するデータベースは、特に、バラ帯水層の水資源開発・管理を実施するための基礎情報を提供するものである。また、このデータベースは、上述パイロット活動で実施した水資源モニタリングの結果を記録・保存し、水資源量のポテンシャルを評価するために利用されることを目指す。

データベースの構成について C/P 及び北コルドファン州政府関係者と協議した結果、次の 3 種類で構成することとした。

表 4-11 データベースの構成

データベースの種類	内容
① 登録井戸の情報	地下水規則法（2016 年）に基づき、登録井戸の情報を入力し管理する。
② 既存井戸の台帳	既存の井戸台帳の情報（GWWD から約 1,000 本、WES から約 3,000 本、MIUD から約 300 本）、が記録されている。既存井戸台帳は通常は村落給水を管理する目的であるが、本井戸台帳はバラ帯水層の地下水保全・管理を目的として関係者間で情報を共有する。
③ 水資源モニタリングの結果	本活動で実施した地下水、表流水、水質のモニタリングデータを記録する。また、今後実施されるモニタリング結果が順次入力される予定である。

2) 活動

a) データベースの構築と運用方法の計画

プロジェクトチームによって、表 4-11 に示した①登録井戸台帳データベース、②既設井戸台帳データベース、③水資源モニタリングデータベースの 3 つが構築された。

これに加えて、C/P 及び州政府関係者とデータベースの運用方法（管理者、情報共有、運用予算等）に関して議論し、以下の通り計画された。

- データベースは SWRC の IWRM ユニットによって運用・維持管理され、北コルドファン州の水資源管理・開発に関するステークホルダーと共有される。SWRC の IWRM ユニットは GWWD と MIUD の職員で構成されているため、データベースは事実上 GWWD と MIUD との共同運営・維持となる。データベースの運用、管理、維持、共有（データ入力、更新、修正）のための予算は、毎年 SWRC の予算として計上される予定である。このように、データベース運用・維持管理には GWWD と MIUD から人的、資金的支援を受ける。
- データベースに関するトレーニング教材は本プロジェクトにより開発され、データ入力、修正、データ管理に関する JICA 専門家から C/P への技術移転を実施した。本知見をもとに、今後 C/P が IWRM ユニットとしてデータベースの運用・維持管理を担当する。
- データは Excel シートに保存され、GIS ソフトウェアにリンクされている。このリンクにより、モニタリングデータへのアクセスが容易になり、各種の解析ソフトウェア上に各井戸の基本情報と水位時系列グラフが表示されるようになる。このデータベースは高度な操作・運用技術を必要としないため、州政府 C/P によって今後も容易に運用・維持管理が可能である。

計画のポイントは、北コルドファン州 SWRC の IWRM ユニットが運営・維持管理を行うことである。これによって水資源管理の政策立案にデータベースが直接的に利用される環境が整ったことになる。ま

た、州レベルの技術者がデータベースを使用することとなり高度な操作知識は期待できないため、操作が容易であることに重視し各データベースを作成した。すでに現時点で関連するデータを全て収集し、データベースへの入力を完了している。

b) 今後の活用方法

データベースと井戸ライセンス登録の関係

これまで北コルドファン州では井戸に関するデータ提出の義務がなく、井戸データが散在している状況にあった。2016年に制定された地下水規則（詳細は上述）では、井戸の所有者に井戸の登録を義務付けており、既存および新規掘削の井戸の基本情報を連邦政府に提出することが井戸登録の要件となっている。この制度を通じて、将来的には全ての井戸の情報が散逸することなくデータベースに入力されることが期待される。バラ帯水層においても、過剰揚水対策の一環として井戸申請の発出を判断する情報のため本データベースが使用される予定である。

新規井戸掘削のための参照

井戸台帳は、例えば、新規に井戸掘削を計画した際、計画地周辺の既存井戸の情報を井戸台帳から検索し、計画井戸掘削の参考とすることで、井戸掘削の成功率を高めるために利用される。

3) 知見・教訓・課題

水資源データの現状

北コルドファン州には既設井戸に関する多くの情報が存在する。しかし、既設井戸の情報は様々な形式で記載され散在しており、統一的な方法で記載・収集・管理されていない。その結果、地下水・表流水モニタリングのデータベースと井戸データベースを構築し、行政組織が必要に応じてデータベースにアクセスして水資源管理に活用することができない状況にあった。こうした状況を、本活動で構築したデータベースを活用して改善し、SWRCとWUCを中心とした合意形成/政策決定システム中で、バラ帯水層の持続的な利用のための協議、政策決定に活用することが求められる。

データ収集・管理上の問題点

北コルドファン州のみならず、スーダンにおいて広く見られる水資源開発・管理に関する技術データの不足の実態は、以下の通りである。

- ① 量的にも質的にもデータが不足している。
- ② データは多く存在するが、使用後に保存されない。その結果、他の事業でデータを利用することができない。
- ③ データは収集・保存されているが、データの所有権や機密保持の観点から他者と共有されない。

これらの問題はいずれも深刻である。このうち③は制度的な問題であり、既存データの利用権が制限されている状況にある。この問題を解決するためには、不要な制約を取り除き、関係者の合意に基づき、関係者間でデータを共有することが強く望まれる。機密保持は重要であるが、データ共有のメリットとデメリットを客観的に比較することなく機密保持の原則に固執する傾向が見られており、今後再考されるべきである。

本活動におけるデータベースの構築と運用・活用方法の議論を通じて、C/P及びその他政府関係者においてはデータ収集及び共有の重要性が認識され、各種データの提供と入力に至った。しかし、まだまだ上

記のような問題が見られるのが現状であり、本活動の関係者を通じて、今後のデータ収集の継続と共有の重要性を広めていくことが求められている。

第5章 パイロット活動の成果

5.1 パイロット活動の成果の評価方法

第2期に実施したパイロット活動の成果を、以下の2点から評価した。

- 実施した5種類のパイロット活動の上位概念として、成果、目的、ゴールを設定し、北コルドファン州バラ地域における地下水管理の改善、及びスーダンでのIWRM普及における案件全体の到達度を、設定された成果に照らして評価した。
- 各パイロット活動について、JICAの設定した指標に基づき達成度を詳細に評価した。

5.2 パイロット活動の達成度の全体的評価

(1) 当該地域の地下水管理改善における達成度の評価

本件での北コルドファン州でのパイロット活動の達成度を評価するために、上述のパイロット活動をゴール、目的、成果という上位概念のもとに整理したのが図5-1である。5種類のパイロット活動が相互に連動しながら実施されることで5つの成果の達成に繋がり、さらに目的とゴールの達成に貢献するという関係である。目的として「バラの地下水枯渇が防止され水利用の効率化が図られる」と設定した。

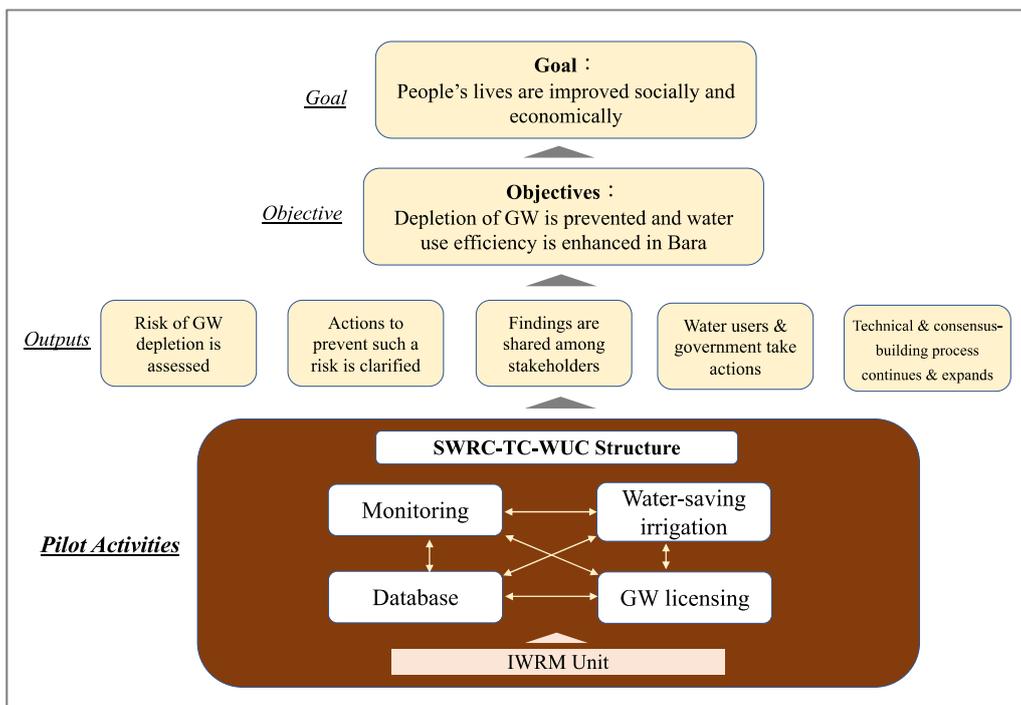


図5-1 北コルドファン州でのパイロット活動と成果、目的、ゴール

5種類のパイロット活動が相互に連動しながら実施されるという観点からは、各パイロット活動の進捗がTC、SWRC、WUCで共有・協議され、必要に応じてパイロット活動が改善されたうえで次段階のアクションが展開されるという継続のプロセスが重要である。水資源に関わる状況は刻々と変化するので、このようなプロセスが繰り返され継続することでIWRMアプローチの効果が持続し、目的とゴールの達成につながる。2022年2月のSWRC、TCの設立後は、このような考え方念頭におき本件の活動を行なった。

次に、各成果の達成度に関し、成果と本件での活動を対比させることで本件の達成度を概観したのが表5-1である。設定された成果のうち、「地下水資源の枯渇リスクの評価」「リスク最小化のための対策の明確化」「情報の関係者間での共有」までは本件の中で達成できた。その次の「水利用者と政府がアクシ

「水資源を確保する」については、一部に行動は起こったものの、それが広がりバラ地域全体の揚水量が半分まで減るといった目的が達成されるためには一層の展開が必要であることから、部分的達成と評価した。同成果の実現と共に、SWRC-TC-WUC での合意形成プロセスが継続し拡大することをもって、IWRM が定着したとすることができる。

表 5-1 北コルドファン州での本件パイロット活動の達成度

成果	本プロジェクトでの活動	達成度
地下水の枯渇リスクが評価される	<ul style="list-style-type: none"> 地下水・表流水モニタリングが行われた 水収支分析が行われた その結果、現在の揚水量が続くと、バラの地下水は近い将来枯渇してしまうということが科学的な分析のもと判明した 	達成
枯渇リスク最小化のためのアクションが明らかになる	<ul style="list-style-type: none"> 地下水揚水量を現在の半分にする必要があるという水利用者向けの啓発活動の必要性が明らかになった 灌漑農家の協力のもと、従来型灌漑農業における節水実験を行った結果、節水の可能性と必要性が明らかになった(短期対策) 地下水ライセンス制度の試験的実践が始まった(中期対策) 地下水・表流水の連携利用が提案された(長期対策) 	達成
情報が関係者間で共有される	<ul style="list-style-type: none"> 水収支分析の結果が TC と SWRC に報告された 水収支分析の結果が WUC で共有された WUC メンバーが一般水利用者に対して、揚水量を半分にする必要性を説明した 	達成
水利用者と州政府がアクションを取る	<ul style="list-style-type: none"> 4軒の灌漑農家が従来型灌漑農業の節水実験に参加した あるコミュニティで周辺住民への生活用水給水時間を自主的に短縮する試みが行われた ある灌漑農家は、自発的に玉ねぎへの灌水頻度を減らす実験を行い、より大きな玉ねぎが収穫できたという結果を得た 	部分的達成
上記の技術プロセス・合意形成プロセスが継続し拡大する	本プロジェクトでは SWRC-TC-WUC 体制の構築までは実現したが、この段階までは達しなかった	今後のスーダン側の取り組み

「バラ地域の地下水資源の枯渇が防止され水利用の合理化が測られる」という目的が達成されるためには、本件を通して有効性が確認されたパイロット活動が持続的に展開されバラ地域全体に拡大していくことが必要である。本件の経験を基盤として北コルドファン州関係者が中心となって活動を展開し、目的とゴールを達成することが望まれる。

(2) スーダンにおける IWRM の普及に向けた達成度

続いて、スーダン全国での IWRM 普及という観点から、本件での NWRC 再活性化に関わる活動を整理したのが図 5-2 である。目的は「スーダンで IWRM が広く適用される」と設定した。本件における諸々の活動が、「IWRM モデルの構築」「IWRM モデルが共有される仕組みの構築」「州政府が IWRM モデルを共有する」「各州が水資源管理に IWRM を適用する」という 4 つの成果の達成につながり、さらに目的の達成に貢献することを目指している。

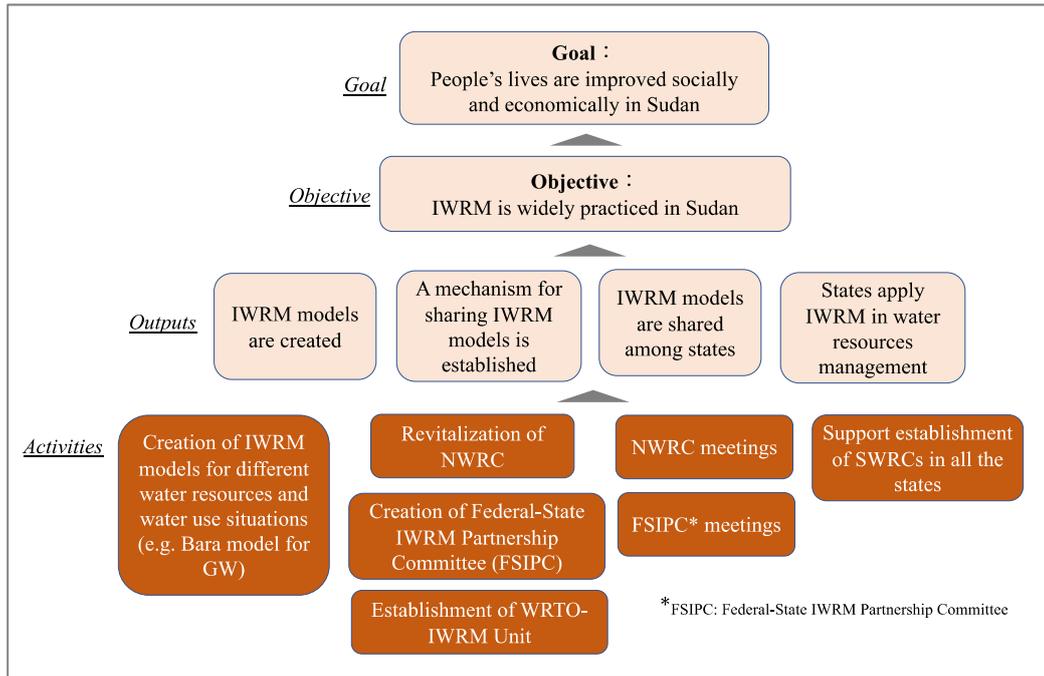


図 5-2 スーダンでの IWRM 普及と本件における NWRC 再活性化支援に関わる活動

図 5-2 の成果 4 点に照らして、本件における NWRC 再活性化支援に関わる活動の達成度を評価したのが表 5-2 である。

表 5-2 スーダンにおける IWRM 普及における本件の貢献

成果	本プロジェクトでの活動	達成度
IWRM モデルが作られる	<ul style="list-style-type: none"> 北コルドファン州でバラ IWRM モデルが作られた 2023 年 3 月 15 日に開催された Federal-State IWRM Partnership Committee (FSIPC) において、西ダルフール州で IWRM の経験があることが報告された 	達成
IWRM モデルを共有する体制が構築される	<ul style="list-style-type: none"> 連邦 C/P は、1995 年改定水法に従い、NWRC の再活性化の進め方と連邦政府及び州政府の連携を強化するための方策として FSIPC の設立を提案した WRTO の組織能力を強化する手段として、WRTO-IWRM ユニットの移設を提案した これらの提案は WRTO 議長に了承され、灌漑・水資源省大臣に報告された 	部分的達成
州の間で IWRM モデルが共有される	<ul style="list-style-type: none"> FSIPC においてバラ IWRM モデルが共有された 同じく西ダルフールの経験が共有された 	部分的達成
州が水資源管理に IWRM を適用する	他州におけるバラ IWRM モデルの踏襲はこれからの課題である	今後のスーダン側の取り組み

「IWRM モデルの構築」に関しては、北コルドファン州でのバラ IWRM モデルが該当するため「達成」と評価できる。「IWRM モデルが共有される仕組みの構築」については、連邦 C/P と議論を重ね、NWRC 再活性化の道筋、Federal-State IWRM Partnership Committee の設置、WRTO-IWRM ユニットの設立による

WRTO の強化などに関する提案を作成し、WRTO 議長の承認のもと大臣に提案していることから、「部分的達成」とした。これらの提案が実現すれば「達成」となる。「州政府が IWRM モデルを共有する」については、2023 年 3 月 15 日に開催された Federal-State IWRM Partnership Committee でのバラ IWRM モデルの共有、西ダルフールの実験の共有などが実現したが、部分的かつ導入的共有に留まったので「部分的達成」とした。より詳細な情報が密に共有され、他州への展開につながれば「達成」となる。各州が IWRM の考え方を導入するようになるためには、今後、スーダン側の継続的な取り組みにより NWRC の再活性化が必要である。

5.3 パイロット活動ごとの成果

本件で実施したパイロット活動について、JICA が目標及び評価指標を設定した。以下の表 5-3 に各パイロット活動について設定した目標の達成状況を示す。各指標の達成度はファイナル・レポート本文に詳述されている。

表 5-3 JICA の設定した各パイロット活動の指標に関わる成果と課題の要約 (1/2)

SWRC	目的	SWRC、WUC の正式設立、活動の協議・合意形成・実施、成果の SWRC、WUC へのフィードバック
	成果・課題	2022 年 2 月に SWRC、TC が正式に設立された。北コルドファン州側のモチベーションは高く、予算確保が持続性の鍵となる。2022 年度に引き続き、月額 100 万 SDG の予算措置が予定されている。本件を通して、州政府 C/P の能力は大幅に向上した。しかしながら、技術面、運営面において、NWRC 再活性化の動きと連動させて連邦灌漑・水資源省の支援が引き続き必要である。
WUC	目的	SWRC、WUC の正式設立、活動の協議・合意形成・実施、成果の SWRC、WUC へのフィードバック
	成果・課題	WUC が設立され 2 年間運営してきた。核となる役職、WUC の役割などが規定され、基盤は構築された。IWRM ユニットによる科学的説明により、WUC メンバーの水資源の有限性に対する理解が深まり、より効率的な水の使い方の必要性を認識するようになった。本プロジェクトの最終段階で節水灌漑実験が行われたが、今後、WUC メンバーにより節水灌漑の促進と生活用水の利用効率の改善を検討し、その結果を SWRC に報告したうえで支援を求めていく必要がある。IWRM ユニットが継続的に WUC の支援を行なっていくために、州政府は必要な予算を確保する必要がある。
NWRC	目的	連邦水資源省による NWRC の正式再活性化、連邦政府・州政府間の連携を含む運営体制の構築、NWRC での協議に基づく IWRM 関連の政策、プログラム、活動計画の立案、合意形成と州政府との共有
	成果・課題	NWRC の再活性化はまだ実現していない。NWRC メンバーの省庁に対して、代表を選定してもらうのが必要な第一歩である。2021 年 8 月に施行された改定水法で、NWRC と WRTO の機能が新たに規定された。NWRC の技術的支援が WRTO の機能として定められたが、現在の WRTO の体制は不十分であり組織能力の強化が必要である。本件では、その手段として、地下水ワジ局から WRTO への IWRM ユニットの移設を提案した。連邦 C/P がその中核を担う想定である。NWRC の再活性化と WRTO の強化のためには、予算措置が必要である。上記の方策の必要性について WRTO は十分に理解し大臣への説明を行ってきた。正式承認とアクションが待たれる。

表 5-3 JICA の設定した各パイロット活動の指標に関わる成果と課題の要約 (2/2)

モニタリング	目的	水資源モニタリング体制確立、データ管理、SWRC・WUCにおけるバラ帯水層管理の政策・施策の協議と合意形成
	成果・課題	モニタリング（地下水・表流水）の実施体制（実施箇所・方法、要員配置、実施予算のも拠出方法など）が確立された。またモニタリングの結果を使って、水収支解析が実施され、エルオベイドの水源である北部地下水と南部表流水の連携利用計画が作成された。これを中核として、エルオベイドの都市給水とバラ地域の灌漑・地方給水を持続的に運営するための過剰揚水の削減計画が作成された。上記一連の活動・解析の方法に関して C/P の能力強化が行われ、C/P が独自で実施することが可能となった。今後、上記の提案を実施し、その効果をモニタリングで検証することが課題である。
節水灌漑	目的	SWRC と WUC での協議や合意を通じて農家による灌漑水の節水実施とその結果の共有
	成果・課題	地下水の現状への理解が深まり、農家の協力により節水実験を行った。また、この結果は SWRC と WUC で共有された。実験を行ったのは1回のみであり、同様の実験継続が必要である。
地下水ライセンス	目的	地下水ライセンス制度の確立とライセンス制度による地下水管理
	成果・課題	地下水法で定められていない申請手順、申請書、井戸登録用のデータベースのひな型は作成されたが、今後の改善が必要である。ライセンス制度を担う GWWD の強化が必要である。ライセンス許可を与える基準となるデータが整備されておらず、ライセンスによる地下水利用規制は今後の課題である。
データベース	目的	水資源データベースの作成と運用、政府機関による活用、SWRC/WUCにおける政策・施策の協議と合意形成
	成果・課題	パイロット活動地域の水資源管理の政策立案を行うことを目的として3つのデータベースを作成した。SWRCの IWRM ユニットがデータベースの運営・維持管理、情報共有、予算獲得を行う。これによってバラ帯水層の水資源管理の政策立案にデータベースを利用する環境を整備した。現時点で関連する全データが収録された。水資源データの継続的な収集が今後の課題である。

第6章 IWRM 普及のための提言

6.1 バラ IWRM モデルと IWRM の定義

本章では、北コルドファン州及びスーダン全国における IWRM の普及に関わる提言を行う。

提言を示す前提として、諸々の国際機関が提唱し広く受け入れられている IWRM の定義を念頭に置きながら、本パイロット活動を通じて形成された「バラ IWRM モデル」を中心概念とした提言を策定した。図 6-1 にバラ IWRM モデルの概念を示す。

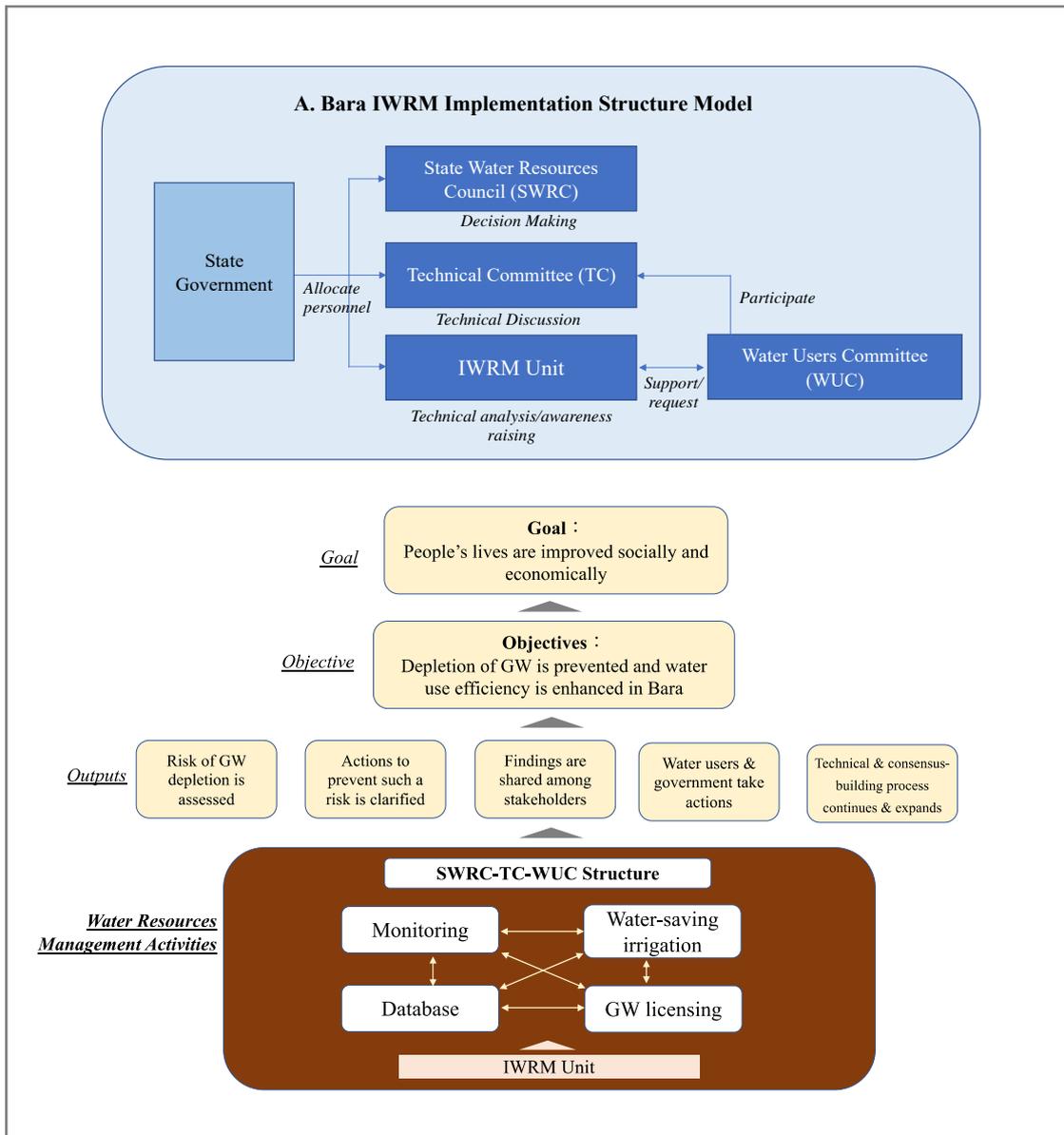


図 6-1 バラ IWRM モデル

以下がバラ IWRM モデルの特徴である。

- 図 6-1 上部の示す組織体制を想定し、関係者間の垂直方向および水平方向の調整・協力を促進する。
- 図 6-1 の下部に示すように、組織体制の構築と運営、モニタリング、データベース構築、節水灌漑、地下水ライセンスなどの具体的な活動を行い、地下水資源の枯渇防止と水利用の合理化という目的達成を目指す。
- 帯水層という自然境界をベースとし、郡、州政府などの行政府が管理を行う。

- 工学的アプローチと社会・組織・法的側面のアプローチを統合する。
- 天然資源である水資源が対象のため、技術的分析に基づく科学的根拠を重視する。
- すべての活動の基礎となる情報を収集・蓄積するために、モニタリングとデータベースを重視する。
- 水利用者の協力のもと、需要サイドの管理を重視する。
- 法律・規則面の対策による水資源開発、水利用の管理を重視する。
- これらの活動の継続と繰り返しにより、刻々変化する水資源の状況に対応する。

6.2 北コルドファン州における IWRM 普及のための提言

6.2.1 バラ IWRM モデルの普及に関わる全体的提言

北コルドファン州におけるバラ IWRM モデルの普及のため、以下の3点を提案する

- (i) バラ IWRM モデルの柔軟な運用
- (ii) 標準的な IWRM 適用プロセスの活用
- (iii) バラ IWRM モデルの段階的適用

バラ IWRM モデルの柔軟な運用

バラ IWRM モデルの適用に際しては、対象地域の自然条件、水資源の状況、問題の所在に合わせて柔軟な対応を図るべきである。図 6-2 に示すように、需要管理重視型のアプローチと供給重視型アプローチの両端の間に地域の状態に適合した適切なアプローチを見出し、採用すべきである。いずれの場合でも、科学的判断及び部門間調整と水利用者の参加がベースとなる。

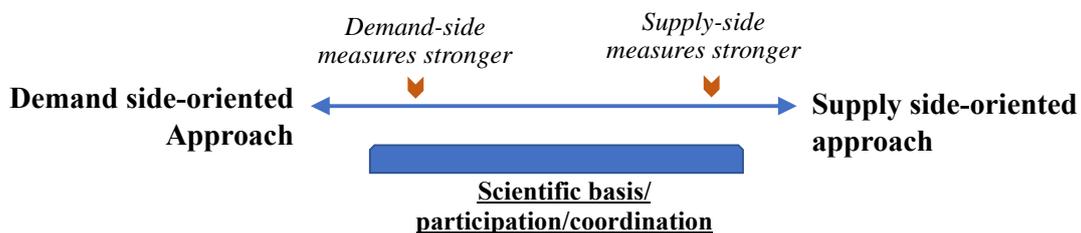


図 6-2 需要管理重視型アプローチと供給重視型アプローチ

IWRM モデル適用における標準型

後述するように、地域の状況に応じて3段階に分けて IWRM の展開を図ることを想定するが、いずれの段階においても下図に示す標準プロセスを適用することが基本となる。すべての地域で一気に活動を展開するのは難しいので、各地域においてパイロット地域を選定した上で徐々に活動を広げていくのが得策である。

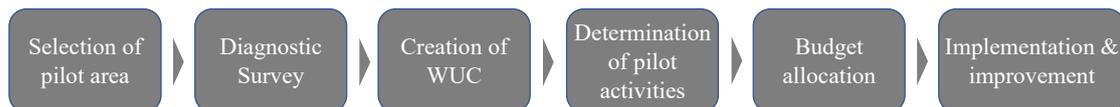


図 6-3 標準的な IWRM の適用プロセス

バラ IWRM モデルの段階的適用

図 6-4 に示すように、バラ IWRM モデルの適用は、各地域の状況を踏まえつつ、水資源状況の似通った地域から、他のバラ帯水層地域、水資源条件の異なる他の地域へと段階的に進めるべきである。

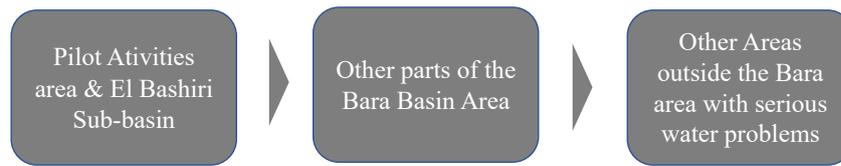


図 6-4 バラ IWRM モデルの段階的適用

北コルドファン州におけるバラ IWRM モデルの今後の展開として、表 6-1 に各段階におけるテーマごとのアプローチを示す。

第 1 段階において本プロジェクトのパイロット地域である Al Bashiri (エルバシリ) 地域においてバラ IWRM モデルを定着させた後、第 2 段階ではバラ帯水層地域全体でのバラ IWRM モデルの普及を図る。第 2 段階では、地下水が主水源であり問題の所在が第 1 段階と似ているため、バラ IWRM モデルの改善が必要だとしても限られたものと考えられる。

さらに第 3 段階でバラ帯水層以外の地域への展開を図るが、基盤岩地域、ヌビア砂岩層地域が主な対象となり、主水源が表流水となることから、ハフィールやダムなどの水源施設が重要な役割を果たすことになる。第 1 段階及び第 2 段階とは水源及び水利用のパターンが異なることから、水利用者と行政の間の協力のあり方も異なってくると推察され、それに応じて WUC の機能の仕方も変わってくる。バラ IWRM モデルとは異なる新たな IWRM モデルが必要となることも考えられる。この新しい IWRM モデルとバラ帯水層モデルが統合されることで、全国に適用できる一般的 IWRM モデルが提示できることになる。

表 6-1 展開段階ごとのバラ IWRM モデル適用上の考慮事項

テーマ	IWRM 促進の対象地域		
	(第1段階) エルバシリ地域	(第2段階) バラ帯水層地域	(第3段階) その他の地域
SWRC/TC	現在の組織体制の維持	新たな郡庁代表者のTCメンバーとしての追加	
		必要に応じたバラIWRMモデルの改善	適切なIWRMモデルの構築
WUC	バラWUCの自立的運営能力の強化	新たなWUCの設立	
		必要に応じたバラIWRMモデルの改善	政府・水利用者間の適切な協力関係の模索とそれに応じたWUCの設立・運営
モニタリング	パイロット活動として実施したモニタリングと技術分析の継続	地下水資源の存在する地域での自記水位計の設置と水位・水量・水質のモニタリング	
		表流水の存在する地域での表流水モニタリング	
データベース	散逸データとモニタリング結果の統合による既存データベースの拡充	追加データの統合によるデータベースの拡充	表流水を含め追加データの統合によるデータベースの拡充
節水灌漑	節水灌漑実験第2ラウンドの実施	対象地域の自然条件に適合した節水灌漑方法の実験実施	同左(灌漑農業が行われている場合)
		実験結果の灌漑農家との共有	
地下水ライセンス	パイロット運用の完了と本格運用への展開	地下水枯渇リスクの高い地域の確認と同地域での地下水ライセンス制度のパイロット運用と本格実施	

6.2.2 北コルドファン州における IWRM の段階的普及に関する提言

(第 1 段階)パイロット活動地域におけるバラ IWRM モデルの継続と強化に関わる提言

本件パイロット活動を実施したバラ地域において、今後バラ IWRM モデルを継続し強化していくためのテーマごとの方策を表 6-2 に示す。

表 6-2 パイロット活動地域におけるバラ IWRM モデルの継続と強化に関わる提言

SWRC 及び WUC	バラ IWRM モデル、特にボトムアップアプローチ、に関する州政府中枢の啓発
	NWRC 再活性化の動きと連動させた連邦灌漑・水資源省による、北コルドファン州での IWRM 普及活動の継続的支援(技術面、運営面)
	水利用者の参加が IWRM 推進の原動力になるという認識のもと、現場におけるインパクト創出を重視すること
	IWRM ユニットの早期正式設立と技術面・運営面の機能強化
	幅広い立場を代表する形での WUC メンバーの増強、WUC の自発性を促進する形での IWRM ユニットによる WUC 支援の強化、等を通じた WUC の強化
	節水型灌漑の促進、地下水ライセンス制度の試行など、水利用者に関わりの深い実践的活動を展開することにより、水利用者の積極的な参加を促すこと
	対象流域外など他地域の水利用者とのネットワークを広げ、連携を強化するためのプラットフォームとして WUC を活用すること
	ワークショップ、イベント、ラジオ、SNS などを活用した水利用者全般との幅広い情報共有
モニタリング・技術分析	パイロット活動で行ったモニタリング活動のルーティン化、及び予算の制約を考慮した柔軟なモニタリング計画の策定と運営
	浅層地下水及び深層地下水用に設置された自記水位計の積極的かつ継続的な活用による技術的分析の精緻化
	北部地下水と南部表流水の連携利用の促進と実現
節水灌漑	節水灌漑実験の継続(全ての作物対象の灌水量削減実験及び根菜、果菜に絞った灌水頻度削減実験の2テーマ)
	節水灌漑実験の実施や実験結果の共有など、灌漑農家の支援を可能とするための経済生産省農業局の組織体制の改善(人材面、予算面)
	IWRM ユニットによる支援、天然資源管理委員会(NRMC)と WUC の連携による節水灌漑の普及
	灌漑農業の実態を含む農業統計の収集体制の構築と統計データの継続的収集
地下水ライセンス	州 GWWD の組織能力を強化し(要員体制、予算、コンピュータ等の機器等)、地下水ライセンス関連実務を担当できるだけの能力を持たせること
	連邦灌漑・水資源省が、申請実務を担当する州政府・郡庁及び水利用者の意見を踏まえて、地下水ライセンス申請様式を簡素化すること
	地下水ライセンス制度の全州展開と共に発生する膨大な業務量に対応できるような実施体制を整備するために、地下水ライセンスに関わるプロセスと関連部署の関わり方を検討すること
	地下水ライセンス制度の新規井戸掘削に関わる部分への着手、井戸掘削会社を通じたキャンペーン
データベース	北コルドファン州におけるデータベースの拡充及び有効性の検証、改善と他州への普及
	データベースの拡充、蓄積されたデータを活用した地下水賦存量の定期的見直し、地下水揚水量削減目標の更新

6.2.3 バラ地域におけるバラ IWRM モデルの展開 (第2段階)

第2段階では、バラ地域全体でバラ IWRM モデルの適用を図る。浅層地下水が主な水源であることから、バラ IWRM モデルの適用可能性は高いものと推察されるが、地域の状況を確認した上で必要に応じて微調整を加え適用を拡大していく。

6.2.4 北コルドファン州他地域でのバラ IWRM モデルの展開 (第3段階)

第3段階では、北コルドファン州の他地域でのバラ IWRM モデルの普及を図る。表流水を主な水源とする基盤岩地域、ヌビア砂岩層地域が主な対象となることから、適切な IWRM アプローチを検討すべきである。バラ IWRM モデルを参考としながら、新しい IWRM モデルを構築する必要性が想定される。

6.3 スーダンでの IWRM 普及に関する提言

6.3.1 スーダンでの IWRM 普及戦略

(1) スーダン全国での IWRM 普及のための組織体制の整備

スーダン全国における IWRM 普及に際しては、既存の政策・法的枠組みを活用すべきである。図 6-5 に示す通り、政策面では、2021 年 10 月に発表された「Sudan Water Sector Strategy 2021-2031」が3本柱の3番目の柱として IWRM の重要性を謳っている。法律面では、2021 年の 8 月に公布された「Water Resources Act 1995 Amendment」が NWRC 及び WRTO の水資源に関わる国家レベルの政策、プログラム立案機能を明文化している。スーダンにおける IWRM の普及はこれらの政策・法的枠組みに沿って進められるべきである。

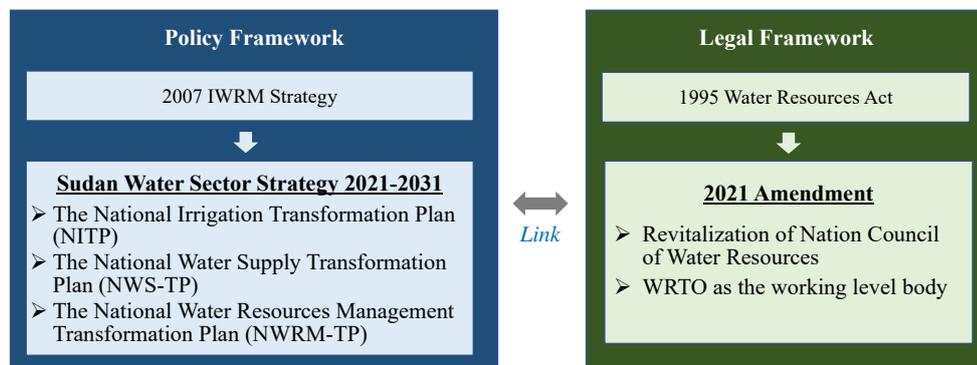


図 6-5 連邦水資源省の既存の政策・法的枠組み

Water Resources Act 1995 Amendment (改訂水法) では、NWRC のメンバーに州の代表者が含まれていないため、各州の状況や要望を直接的に反映することが難しい。この弱点を補うために、NWRC を補完する新たな仕組みが必要となる。改訂水法には必要に応じて部会を設置することができるという規定があるため、この規定のもと「Federal-State IWRM Partnership Committee (FSIPC) 」の設立を提案する。図 6-6 にその仕組みを示す。

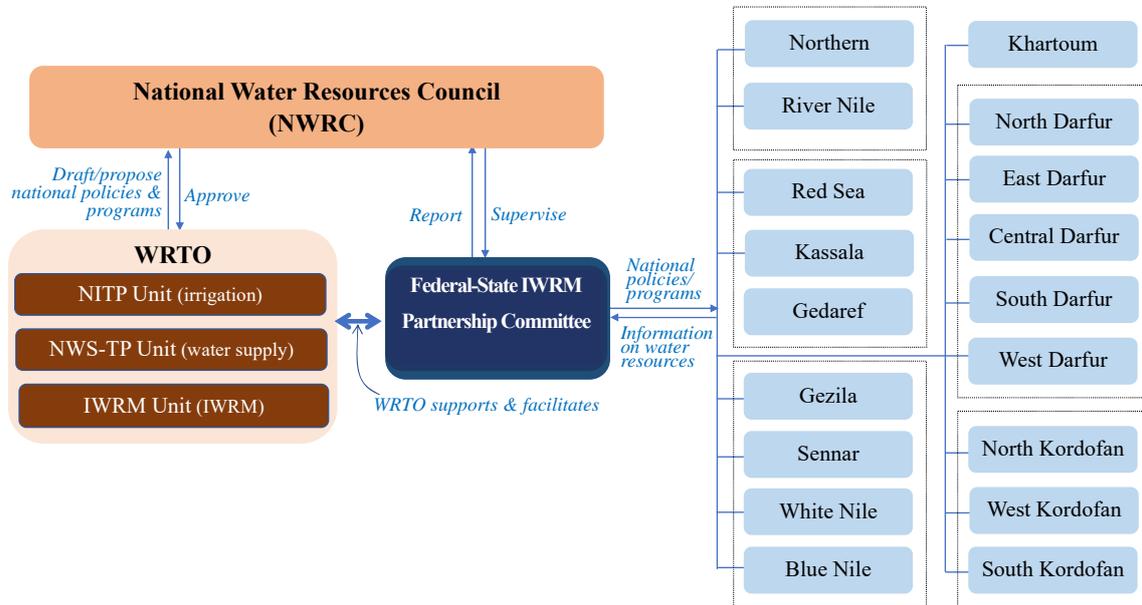


図 6-6 Federal-State IWRM Partnership Committee の構成

改訂水法によると、WRTO は NWRC を技術面から補完する役割を担う。そのため、WRTO が求められる機能を十分に発揮できるようになることを目指し、WRTO-IWRM ユニットの移設を提案する。設立ではなく移設というのは、休眠状態にはあるものの既に地下水ワジ局内に同名の部署が存在するからである。本プロジェクトに参加した連邦 C/P を中核とすることで、C/P が本件への参加を通して蓄積した知見を活用しながら、スーダン全国への IWRM 普及の先導的役割を果たす。

FSIPC には、スーダンの 18 州の代表が参加する。連邦と州のつながりを強化することが目的であり、連邦側からは国家レベルの政策、プロジェクトなどに関する情報を提供し、州側からは現場での水問題の現状、求められる解決策などを報告する。これにより、双方向の情報提供と共有が可能になり、連邦と州の連携が高まり水資源管理の効果が高まることが期待される。

2023 年 3 月 15 日には、本プロジェクト支援のもと Federal-State IWRM Partnership Committee の第一回会議を開催した。会議は当初の目的を成功裏に達成し、州側参加者の多くが同会議の恒久化を期待している旨を表明した。今後、NWRC の一部を構成する委員会として正式に位置付けられることが期待される。

(2) スーダンでの IWRM 普及のための行動計画

段階的普及

スーダン全国での IWRM の普及は、同時に全州での展開を図るのではなく、段階的に進めることを提案する。表 6-3 は段階的普及の例であり、最初に中列に示す 6 つの州で IWRM の普及をモデル的に進め、その後右列の周辺の州でモデルを踏襲し IWRM を普及させることを想定している。

SWRCやWUCの設置には、北コルドファン州などでの先行事例を踏襲しながらも十分な事前検討が必要である。その過程でWRTO-IWRMユニットが支援を行うことから、モデル州に絞った支援を行い、その成功事例を踏襲し他州に展開することが望ましい。一気に全州展開を図ろうとするとWRTO-IWRMユニットの支援能力を超えてしまい、支援が行き届かず失敗に終わってしまうリスクがある。

州アクションプラン

図6-7に、州ごとのIWRM普及アクションプランの例を示す。SWRCの設立を含めて、各州で具体的な活動の計画を作成し実行に移していくことを提案する。同図に示す活動項目は、あくまで本プロジェクト

のパイロット活動をもとに検討されたIWRMモデルを踏襲したものであり、実際は各州の状況に応じて策定されるべきである。

表6-3 スーダンにおける段階的IWRM普及の例

Region	Model State (Initial Stage)	Neighbor States (Subsequent Stage)
Kordofan region	North Kordofan	South Kordofan
		West Kordofan
Eastern region	A	B
		C
Darfur region	D	E
		F
		G
		H
Southern region	I	J
		L
Northern region	M	N
Capital	Khartoum	-



図6-7 州レベルIWRM普及アクションプランの例

6.3.2 連邦政府による各州IWRM促進体制の構築支援への提言

(1) 各州でのSWRC設立と運営の指導

連邦灌漑・水資源省の体制が整備されたのち、WRTO-IWRMユニットが各州のIWRM展開を支援していく。具体的には、以下の流れが想定できる。



図6-8 州レベルのIWRM活動展開の流れ

まず、州レベルに上記全てのプロセスを主導する実働部隊を作る必要がある。北コルドファン州のような IWRM ユニットの創設することが望ましいが、各州の状況に応じて色々な形が考えられる。水資源セクターだけでなく、農業、畜産、投資など水に関わる各セクターの行政官が加わることが望ましい。

続いて、問題分析を行い、州の抱える水問題の全体像と個別問題間の相互関係を明らかにする。解決すべき問題の性格に応じて、構築する組織体制のあり方が変わってくるのが想定される。

問題分析の結果に基づき、州で設立すべき SWRC や WUC の概要を検討し、提案としてまとめる。提案には、SWRC 及び WUC の設立目的、機能、体制、メンバー構成、会議の頻度、予算などを含める。SWRC の体制に関しては、北コルドファン州でも議論があったように、意思決定のみを行う単層構造とするか、または技術レベルの調整を技術委員会（TC）が行い、SWRC が TC の提案を受けて意思決定を行うという二層構造とする、など状況によって色々な見解があり得るため、十分議論を尽くし合意形成を図るべきである。SWRC の議長を知事とするか、または水担当省の大臣とするかも起こり得る議論のテーマであり、WRTO-IWRM ユニットのファシリテーターとして十分な議論を支援すべきである。予算は、活動費、経常費（給与など）、会議費などに分けて積算する。理想的な予算案だけでなく、緊縮案も用意して、実現可能性を高める配慮が必要である。

北コルドファン州でも経験したが、SWRC のような新しい仕組みの構築が実現するためには、州知事など上層部の積極性が不可欠である。上層部が消極的なことでプロセスが停滞することもあり得るが、諦めることなくボトムアップの提案を続けるよう WRTO-IWRM ユニットの支援すべきである。

SWRC の運営に関して WRTO-IWRM ユニットの留意すべき点が幾つかある。まず、毎回の議題を標準化することは、SWRC による活動の持続性を高める。議題の標準化により、州 IWRM ユニットの毎回の議題設定に煩わされることなく、淡々と毎回の会議を準備できることになる。例えば、モニタリング結果とその意味するところを都度共有するというのは議題の標準化の一例である。降雨や水資源の状況は自然条件に応じて変化するので、議題を標準化したとしても内容は毎回変わる事となる。

続いて、SWRC の決議のフォローアップは、SWRC による活動が成果をもたらすために重要な要素である。よくありがちな「意見を発表して終わり」ではなく、SWRC の決議を受けて州 IWRM ユニットのフォローし次の SWRC 会議で報告するという、議論と活動の連結性が重要である。IWRM 合意形成をもとにしたサイクルは、永遠に回転し続けると考えるべきである。

会議運営の面では、時間管理が重要である。最大 2 時間程度を目処に、簡潔な資料説明と議論を行うことで会議の効率が高まるため、WRTO-IWRM ユニットの支援の中で留意すべきである。

(2) WUC の設立支援

WUC 設立準備

上記の州 IWRM ユニットの問題分析を踏まえ対象地域が決定された後、対象地域の社会経済とステークホルダーの分析を行う必要がある。対象地域のデータや情報を収集し、社会や経済を把握し、ステークホルダーの性質を理解しなくてはならない。誰がどのような目的で水を使用しているのか、水をめぐり争いがいかなどを明確にする。

州 IWRM ユニットの、地方の情報と地元の重要人物とのつながりを持つローカリティレベルの職員に最初に会うべきである。また、それ以外にも WUC の設立について説明するために、伝統的な指導者、農民や牧畜民の代表者、女性や若者グループなどの重要な情報提供者と協議する必要がある。

WUC の設立と運営

州 IWRM ユニットの、さまざまな水利用者グループおよび社会グループの代表者と話し合い、最終的な WUC のメンバーを水利用者として決定する。次に、以下の事項について WUC と協議する。

- 議長などの重要な役職を含む WUC の構造：WUC がオーナーシップを持ち政府への依存度を下げるために重要である。
- WUC の役割：どの WUC にも共通する「政府と水利用者をつなぐ役割」は IWRM ユニットの WUC メンバーに説明し、その他解決すべき水問題や関与するステークホルダーに応じて、他の役割を追加していく。
- SWRC に出席する WUC 代表者の選出：政府の意思決定に関与し、SWRC と緊密に連携するため WUC の代表者を選出する。

最初の数回の WUC 会議では、WUC が現在の状況を理解し、WUC メンバーの意識を高めるための出発点として、水資源と現在の問題に関する情報を科学的データとともに提供する。WRTO-IWRM ユニットの科学的データを使用して、水利用者によりわかりやすいプレゼンテーションを準備する方法を州の職員に指導しなくてはならない。次に、WUC と州 IWRM ユニットの協力を、対象地域の水問題を解決する実際の行動を起こす必要がある。これら実際の行動の結果が分析され、WUC と SWRC で共有され、次の行動へフィードバックする必要がある。

異なる WUC の経験共有

WUC の構造、役割、活動は各地域の WUC ごとに異なるため、WRTO-IWRM ユニットの、様々な WUC の経験を蓄積し、調査して教訓を分析する必要がある。また、各州の WUC と IWRM ユニットの他の人の経験から学ぶことができるように、FSIPC だけでなく、WUC 間でそれらを共有する必要がある。

6.3.3 連邦政府による各州 IWRM 関連活動の普及支援への提言

(1) モニタリング及び技術分析

連邦政府が各州にモニタリング及び技術分析を普及させるために、以下を提案する。

- 本プロジェクトのパイロット活動において、地下水及び表流水のモニタリングを行い、その結果に基づいて水収支分析や地下水・表流水の連携利用計画の検討を行った経験を他州と共有すべきである。特に、モニタリングの実施で終わらずに、その結果をもとに技術的分析を行い、さらにその意味するところを水利用者へのメッセージとして伝え水利用者の活動を促したという全体的プロセスの共有、すなわち、何のためにモニタリングを実施するのかを十分に踏まえた上での経験共有が重要である。
- 本パイロット活動の前半に行った参加型モニタリングの経験を他州と共有すべきである。参加型モニタリングには、費用をかけずにモニタリングを行える、水資源の有限性に関する水利用者の啓発効果が期待できるといったメリットがある一方で、モニタリング結果の正確性の限界や、井戸の形状によってはモニタリングの実施が難しい場合があることなどのデメリットがあるのも事実であるため、両面を伝えるべきである。
- 本パイロット活動で行った長期ワジ流量解析の経験を他州と共有すべきである。十分な技術的分析がなされないまま水源施設が計画・設計されることで、施設が十分に機能しないという問題がしばしば指摘される中、長期ワジ流量解析を導入すれば大幅な状況の改善が望める。
- 乾季と雨季が明確に分かれるスーダンのような国では、表流水と地下水の連携利用が有効な水資源活用方法であることから、本パイロット活動において連携利用計画を策定した経験は他州と共有されるべきである。水資源の賦存状況は地域によって異なるため、北コルドファン州での経験を参考に各地域に合った連携利用計画が策定されるべきである。

(2) 節水灌漑

連邦および州レベルでの農業担当部門のより強力なイニシアチブと、WRTO-IWRM ユニットによるファシリテーションを通じて、地域の状況に合わせた方法で節水灌漑を促進することが必要である。

バラと同様に地下水を水源として灌漑を行っている地域では、地下水の枯渇リスクに直面しているケースが想定される。点滴灌漑のような近代的な手法は、投資コストが高い、適用可能な作物が限定される、保守に手間がかかる、などの制約があるため、経済的・人的余裕のある農家にとっては有望な選択肢だが、多くの農家にとっては導入の難しい手法と言える。その一方で、バラ地域で多く見られるような慣習的な灌漑方法であれば、比較的容易に灌漑用水の節約が可能である。

ただし、地域によって自然条件が異なるため、節約できる灌水量も地域によって異なる。営農専門家、灌漑専門家の専門知識を動員して、地域ごとの節水目標を定めるべきである。北コルドファン州での課題と同様に、非ナイル地域での灌漑効率の向上という課題を設定し、各州の農業部門や、連邦農業試験場の支部が実験と普及を強化することを提案する。

WRTO-IWRM ユニットは、州関係機関がこのようなアクションを取るよう指導・助言を行うべきである。WRTO-IWRM ユニットと連邦農業省との協力関係を強化し、農業省の側からも州農業部門に働きかけるよう、北コルドファン州での経験を説明しながら連邦レベルで啓発活動を行うことを提案する。

(3) 地下水ライセンス制度

2016年の地下水規制法をもとに、スーダン全国に地下水ライセンス制度を普及・定着させる上での提言を以下に示す。中心となるのは連邦灌漑・水資源省の地下水ワジ局だが、WRTO-IWRM ユニットがファシリテーションを行う。

- 灌漑・水資源省は、十分な人的資源、予算、機器を準備し、州レベルでの活動が円滑に行えるような支援体制を構築すべきである。
- 灌漑・水資源省は、地下水ライセンス制度を通して得られた州レベルの水理地質情報を連邦レベルのデータベースに統合していくため、州に対するガイダンス資料を作成し、州による地下水ライセンス制度の導入・普及の状況を確認するメカニズムを作り、データ様式、許可証、データベース様式の標準形を提供するなどの支援を提供すべきである。
- 北コルドファン州バラ地域での実験的試みから得られた教訓を踏まえて他地域への展開を図ることになるが、段階的な展開が望まれる。連邦灌漑・水資源省は、そのような方向性で北コルドファン州を支援し、そこから得られた教訓を他州での展開に活かすべきである。
- 今後、新規井戸の登録が課題となるが、その際には一般住民よりも井戸掘削業者を優先対象として説明・啓発を行うべきである。また、WUCなどの組織が活動している場合は、そういったチャンネルを通しての啓発も同時に行うべきである。
- 井戸ライセンス制度は全国一律に施行するのではなく、過剰揚水により地下水位が低下している地域を優先して施行すべきである。地下水の使用量は全国一律ではないため、地下水低下の問題も一律ではない。地下水低下の問題が深刻な地域は地下水管理が必要である。そのような地域を選んで地下水ライセンス制度を施行すべきであり、住民の理解も得やすくなると考えられる。
- 全井戸の登録を一気に進めるのではなく、工場や大規模な灌漑農場など、水を大量に使用する利用者を最初の対象とし、小規模な水使用者はその次の対象とすることを提案する。

(4) データベース

スーダン全国を対象として IWRM を普及するにあたり、連邦政府の WRTO-IWRM ユニットが留意すべき事項を以下に提言する

- 水資源データの共有は水資源管理の基本であり、関係機関が合意の上で情報を共有するシステムを作り制度化すべきである。各機関はそれぞれの活動目的に沿った独自の様式を持った井戸台帳を保有している可能性が高いが、地下水資源を保全し持続的な地下水使用を可能とすることは各機関で共通した理念である。係る観点から、水資源に関係する各機関が積極的に情報交換をすべきである。
- 北コルドファン州における本件パイロット活動において、井戸申請・登録の制度化に伴い登録井戸の情報を記録・管理するためのデータベースを作成し、バラ地域でデータベースの試験的な運用を開始した。井戸申請は今後北コルドファン州の全域に広がり、ついでスーダン全国に広がる。これに伴い、他州においても登録井戸の情報を北コルドファン州のデータベースを準用して記録・管理することを推奨する。これによって各州の登録井戸データが容易に共有・管理できることになる。

6.4 更なる支援の必要性

前節までで紹介したように、本プロジェクトの活動を通じて、スーダンにおける IWRM 導入モデルと全国展開戦略を提示した。今後は、スーダン側が主導する形で、上記提案の精査と最終化を行い、実施に進めていくことが求められる。NWRC-SWRC の仕組みのもと、各州の水セクターの状況を踏まえて、水セクターでの提案事業や水資源管理を IWRM の視点から検討することで、必要などころに求められる支援を配分することが可能になると期待される。

一方、スーダン側の自主的な努力を基本としながらも、後方支援として各ドナーによる継続的な支援が提供されれば、NWRC-SWRC 体制の強化が加速され、IWRM の地域的な広がりも期待できると考えられる。技術協力と合わせて、モニタリング機器調達など、IWRM 普及のために必要な物的環境の整備に必要な資金協力と組み合わせた協力事業とすることで、援助効果の相乗効果も期待できる。

表 6-4 に技術協力事業の案を示す。以下が留意点である。

- ✓ 技術面及び社会科学面の両面での支援を行う。
- ✓ 全州を対象とする支援ではなく、モデル州を選定して支援を行う。
- ✓ 水資源保全の必要性から、モデル地区として非ナイル州を対象とする。非ナイル州とは、州内にナイル川が流れていない以下の州と定義づける：ダルフル 5 州、カッサラ、ゲダレフ、紅海、南コルドファン、西コルドファン、北コルドファン。
- ✓ ナイル川が州内を流れていても、ナイル川以外の水源に依存している地区もあるので、それらの地域も考慮する。
- ✓ 基本的スタンスとして、国際専門家は WRTO-IWRM ユニットに対して Training of Trainers (TOT) を行い、WRTO-IWRM が各州を支援する能力を強化することを目指す。
- ✓ 2021 年に連邦灌漑・水資源省内に設立された Partnership and Resource Management Unit (PRMU) は、MIWR の国際援助窓口として機能している。NWRC-SWRC 体制の核である WRTO と PRMU を連携させ、国際機関により実施される協力事業を IWRM 原則に基づく水セクターの改善に結びつけることを図る。

表 6-4 国際協力による技術協力事業の例

背景	<p>2016年8月から2023年3月にかけて、JICAによる「Project for the Enhancement of Integrated Water Resources Management」が実施された。同プロジェクトでは、全国を対象とする水収支分析と問題分析を行った上で、北コルドファン州をパイロット対象地域として、州水資源協議会 (SWRC)、水利用者委員会 (WUC) の立ち上げと運営指導など、スーダンにおける IWRM 普及のモデル作りを行った。その経験に基づき、スーダンにおける IWRM 普及構想試案を提案した。</p> <p>北コルドファン州では、地下水を主な水源とするバラ地区で SWRC、WUC の活動を行ったが、基盤岩地域、ヌビア砂岩層地域など水源の状況と水利用形態が異なる他の地域への展開が今後の課題となっている。</p> <p>国際協力による更なる支援により、同プロジェクトの提案の実現が加速するものと期待される。</p>
目的	<p>(1) スーダンでの IWRM 普及の支援 (2) 北コルドファン州での IWRM 全州展開の支援</p>
活動内容	<p>(1) スーダンでの IWRM 普及の支援</p> <ul style="list-style-type: none"> • WRTO 組織体制強化の支援 (WRTO-IWRM ユニット立ち上げと運営の指導) • スーダン IWRM 展開戦略の作成 • NWRC 開催準備と運営 • Federal-State IWRM Partnership Committee の開催と運営 • パイロット事業実施対象州の選定 (非ナイル地域かつ北コルドファン州以外) • パイロット州における IWRM 推進体制構築と運営の支援 • パイロット州における技術面、制度面の課題に関する能力向上支援 (モニタリング、水収支分析、表流水地下水連携利用、データ管理、節水灌漑、ライセンス制度導入、等) <p>(2) 北コルドファン州での IWRM 全州展開の支援</p> <ul style="list-style-type: none"> • IWRM 全州展開戦略の策定 • バラ地区全域への SWRC、WUC 展開の支援 • 基盤岩地域への SWRC、WUC 展開の支援 • ヌビア砂岩地域、シケラン流域への SWRC、WUC 展開の支援
協力期間	5年
支援テーマ	<p>制度組織構築、参加型合意形成、法制度普及 (2016年施行の地下水法、表流水法、灌漑法)、モニタリング (地下水、表流水、水質)、水収支計算、地下水・表流水連携利用、節水灌漑、データ管理</p>
留意点	<p>(1) JICA により提案されたスーダンでの IWRM 展開戦略について、スーダン政府が実際にどこまで取り組む意思があるかの確認が必要である。(2) スーダン政府側のカウンターパートファンドの準備状況の確認が必要である。</p>

第7章 能力開発支援に関わる活動

7.1 第三国研修

本プロジェクトのC/Pを対象に、モロッコとチュニジアにおいて第三国研修を実施した。

(1) モロッコ

研修の概要

2017年5月14日から5月26日まで、モロッコにて第三国研修を実施した。研修の目的は、持続可能な水利用を実現する流域管理について学ぶこととした。研修先は、モロッコ国立電力・水資源庁（ONEE-IEA）国際水資源研究所であった。20年ほど前、モロッコは水に関する多くの問題を抱えていたが、外国ドナーによる能力強化プロジェクトが終了した後、自助努力でインフラ整備と人材育成により問題を克服した。こうした経緯を踏まえ、スーダンがモロッコから成功事例を学ぶことには意義があると考えられた。また、モロッコは点滴灌漑を10%（2005年時点）から100%（2016年時点）へ拡大し、地下水位低下の抑制、持続可能な流域管理のための仕組みづくりに成功しており、こうした事例を研修で学んだ。

トレーニング成果の活用

本研修の終了後、研修員（C/P）はグループ討論を行い行動計画にまとめた。この中でスーダンの課題を抽出し、モロッコにおける事例を参考にしスーダンに適用するための計画を作った。以下の事項が計画の骨格である。

- 社会的・制度的な枠組みの重要性とそれを支える財源の確保
- 科学的研究と能力開発および意識向上
- データ収集・処理における技術向上
- 水資源管理に関する予算・資金の確保
- 給水施設における利用者組織の維持管理に関する意識の向上、住民組織活動の再評価
- トップ・ボトムアプローチの両立と水ガバナンスの採用

(2) チュニジア

研修の概要

2018年10月1日から10月10日まで、チュニジアで第三国研修を実施した。研修の目的は、限られた水資源と開発を考慮した統合水資源管理を学ぶこととした。研修受け入れ機関はチュニジア国農業省水研究技術センター（CERTÉ）とし、水文学に基づいた水資源の効率的な管理技術や、持続可能な水資源利用を促進するための方法を学んだ。また、乾燥地帯での効率的な農業を考えるためにチュニジアでの灌漑農業の現状を学んだ。これらの知見や教訓はスーダンの灌漑農業の振興に応用することが期待される。

トレーニング成果の活用

研修プログラムは、講義、現地視察、討議の3つの要素で構成された。グループ討議では、研修で得た教訓をもとに、チュニジアとスーダンのIWRMの状況の違い比較・検討することによってよりIWRMを深く理解し、スーダンに適した水資源管理制度を検討した。グループ討議は、3グループに分かれ研修員が発言する機会を増やす配慮をしつつ、チュニジアにおける水資源管理のための主要な要素10項目について、研修員が全員で議論し問題を提起した。その後、各グループに割り当てられた各要素の詳細な原因分析を行い、各グループが検討結果について発表を行った。研修員はチュニジアにおけるIWRMの実践に関する多くの特徴・長所を発見し、その教訓として、スーダンでは組織の運営や個人の能力向上が必要であることと、今後も本件のような継続的な研修が望まれると結論付けた。

7.2 本邦研修

本プロジェクト第2期でのパイロット活動の目標は、北コルドファン州における IWRM 普及体制の構築（SWRC、WUC 等）（合意・政策決定システムの構築・強化）と、IWRM 普及のための活動（地下水・表流水モニタリング等）（モニタリングやデータ管理等、IWRM 推進のためのツール構築・強化）に分けられる。これらの目標に基づき研修員を2グループに分け、それぞれの目的に合った研修内容を計画し本邦研修を実施した。

(1) 西条市での研修：モニタリングやデータ管理等、IWRM 推進のためのツール構築・強化

2022年11月15日から25日にかけて、愛媛県西条市での研修を実施した。研修目標を表7-1に示す。

表 7-1 研修目標（西条市）

全体目標	日本の水資源管理技術や知識を理解し、北コルドファン州 SWRC の機能を強化する。
単元目標-I	地下水と表流水の水資源モニタリングの実施方法とデータの利用方法について理解する。
単元目標-II	水収支解析の内容や方法、データに基づく水資源管理計画の作成方法について理解する。
単元目標-III	地下水の保全のための表流水との連携利用について理解する。
単元目標-IV	水資源管理計画の実施と評価の方法と水利用者への計画の伝達方法を理解する。

西条市では、西条市地下水管理計画の内容を学んだ。この計画によって、河川流量—地下水涵養量—地下水位の関係を把握し、地下水位の低下や帯水層への海水侵入を防ぐために同市が河川流量を調整したことを学んだ。これは地下水と表流水の効果的な連携利用の一例である。加えて、地下水管理計画の実施に向けて西条市が制定した条例やその他施策について学んだ。研修員たちは、西条市での各種施策から学んだ知見や教訓を、今後水資源モニタリングや地下水ライセンス制度等の活動を北コルドファン州内（州政府 CP）及び他州（連邦 C/P）にて広めていくうえで活用することが可能である。

(2) 熊本での研修：合意・政策決定システムの構築・強化

2023年1月15日から26日にかけて、熊本県での研修を実施した。研修の目的を表7-2に示す。

表 7-2 研修目標（熊本県）

全体目標	日本の水資源管理技術や知識を理解し、北コルドファン州の SWRC の機能を強化する。
単元目標-I	異なる行政レベルでの政府の役割と責任、行政組織間の調整方法について理解する。
単元目標-II	様々なステークホルダー（特に灌漑農家）の巻き込み方、協力の仕方について理解する。
単元目標-III	くまもと地下水財団の運営方法について、予算の確保も含めて理解する。くまもと地下水財団は SWRC と同じ機能を有していることを意識し運営方法を学ぶ。
単元目標-IV	水資源の管理・保全に関する条例、水資源管理計画の実施など、自治体による水資源管理をより効果的にするための方法を理解する。

熊本県平野部では、米の消費量の減少に伴い水田が減少し、その結果水田からの地下水の涵養量が減少したため、地下水位が低下している。これは社会・経済の変化が水資源の賦存状況に影響を及ぼしている典型的な例である。熊本市は、くまもと地下水財団を設立し、行政、企業、市民が一体となって問題解決に取り組んだ。その結果、問題解決のための施策の一つとして、冬季の水田からの地下水涵養を促進する活動が実施された。こうした協議体の設立や運営の方法を理解することで、研修員が今後 SWRC や NWRC の運営を持続させるための手法や留意点を学ぶことができた。

第8章 戦略的環境アセスメント（SEA）

8.1 戦略的環境アセスメントの重要性

8.1.1 戦略的環境アセスメントの概要

戦略的環境アセスメント（SEA：Strategic Environmental Assessment）は、初期環境影響評価（IEE：Initial Environmental Evaluation）や環境影響評価（EIA：Environmental Impact Assessment）のようなプロジェクト単位の環境アセスメントとは対照的に、政策やプログラムなど、あらゆる開発のより高いレベルで適用されるものである。必然的に、SEAは、通常、政策立案と基本計画に関連する開発における介入の初期段階から適用される。

EIAが主にプロジェクト単位で限定的な影響を考慮するのに対し、SEAは、時間的、空間的により広範な影響を評価する。つまり、SEAは、短期、中期だけでなく、長期的な影響や、地理的な地域への影響も評価する。また、あらゆる開発によって影響を受ける可能性のあるすべての異なるセクターと利害関係をもカバーするものである。

つまり、SEAは、「環境」を最も広い意味でとらえた、環境開発のための効果的な影響評価手法であるといえる。SEAを適用することにより、経済指向の開発に対して、よりバランスの取れた開発を可能にする。SEAは累積的かつ複合的な影響を評価し、開発の枠組みの中で環境と社会への配慮を前面に押し出すものである。

SEAを効果的に実施するには、開発介入の初期段階から幅広いステークホルダーを巻き込んで実施されなければならない。これは（1）利害関係者会議の開催、（2）関連情報の開示と共有によって実現される。

8.1.2 なぜSEAがIWRMに必要なのか？

スーダンでのIWRMの実施においては、SEAが必要となる。まず、水資源管理の目的に応じて幅広い代替案を検討し、それを踏まえて、政策的介入の方策と水資源開発や産業開発等の計画の方向性を決定する必要がある。政策的介入と計画策定の主な検討点を表8-1に示す。

表8-1 政策的介入と計画策定の検討点

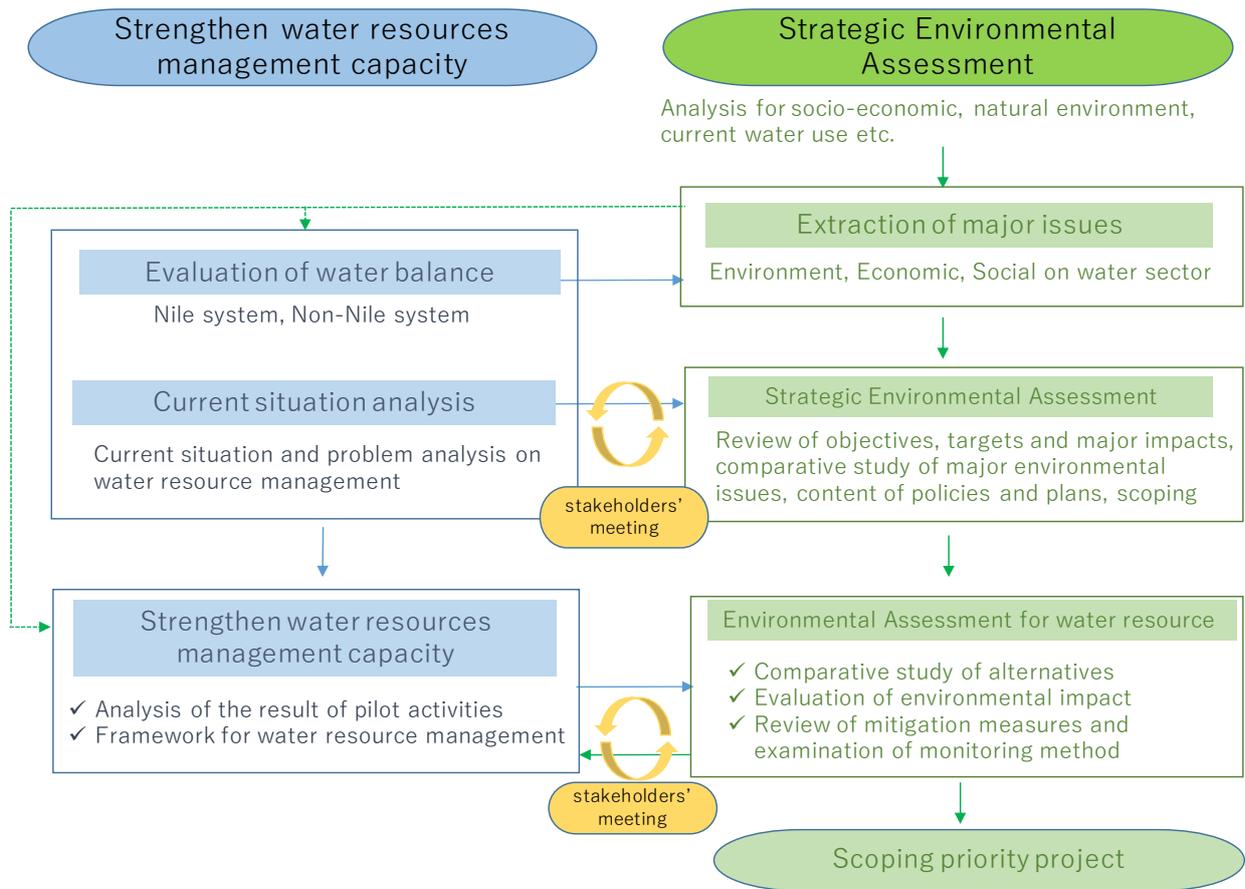
検討分野	主要観点
政策的介入	<ul style="list-style-type: none"> 産業問題の推進（産業構造、産業構造の転換） 水利権、水料金体系の整備、費用負担に関する法制化 環境問題への取り組みの推進（省エネ、節水、リサイクルなど）
計画策定	<ul style="list-style-type: none"> 水資源開発（ナイル水系と非ナイル水系のバランス調整、地域間の水資源の平準化） 産業開発計画（特に農業・畜産業） 基幹インフラ整備計画（表流水・地下水開発、水供給施設、大規模灌漑など）

さらに、SEAはIWRMの多くのステークホルダーの合意形成に有効な手法であり、その考え方は国や地方レベルでの複雑性を伴う活動にも適用可能である。

8.2 SEAの試行

C/Pへの技術移転の一環として、スーダン全国でIWRMを実施すると仮定し、そこへのSEAの試行を行った。

スーダンには、現時点でSEAに関する法規制がない。そこで、まず、IWRMにSEAを適用するための大まかなプロセスを検討し、図8-1のようにまとめた。このプロセスは、水収支に関する技術解析の進捗や現状に応じて柔軟に修正する必要がある、ステークホルダー会議の開催方法についても、参加するステークホルダーの選定等、慎重に行う必要がある。



出典: JICA 専門家チーム

図 8-1 SEA の大まかなプロセス

上記プロセスを踏まえ、本プロジェクトに適したより具体的な手順を検討した。その内容は以下の通りであり、関連するいくつかの活動を実施した。

- 第1段階：目的の設定、ベースラインの設定、適用範囲の決定
 - 1-1 関連する他の計画、プログラム及び環境保護目的の特定
 - 1-2 ベースライン情報の収集
 - 1-3 主要な環境問題の特定
 - 1-4 SEA 目的の策定
- 第2段階：代替案の策定・精緻化及び効果の評価
 - 2-1 SEA の目的に対する IWRM の目標の評価
 - 2-2 戦略的代替案の策定
 - 2-3 異なる戦略的代替案の効果の予測・比較
 - 2-4 IWRM の効果の評価
 - 2-5 悪影響の緩和
- 第3段階：協議及びモニタリング
 - 3-1 IWRM の草案及び SEA 報告書の草案に関する利害関係者の協議
 - 3-2 モニタリングの目的及び方法の策定

第1段階では、水収支分析および問題分析を実施した。そして、JICA 専門家は9回にわたり各関係省庁でワークショップを開催し、ハルツームや地方での現地調査を行った。その結果、水部門に関連する多くの問題が確認された。これらの問題は JICA 専門家と C/P によってプログラム・ツリーとして整理され、重要な問題の抽出と各問題の関連性がまとめられた。これらの分析により、表流水、地下水、都市・農村の水供給、灌漑・畜産活動、水質汚染からなる水部門に起因する重要な環境問題を明確に示すことができた。また、水問題に関連する原因と結果の記述により、これらのセクター間の関係も視覚的に確認することができた。

SEA のプロセスにおいて最も重要な項目は、代替案の設定と比較評価である。そこで、第2段階では、スーダンの将来の水資源管理に関し、下表に示す4の代替案を設定した。水資源開発は、各代替案でそれぞれ実施の方向性が異なっている。代替案 A では、コントロールされないまま増え続ける水需要に対応するため、集中的に水供給施設を建設する必要があり、水資源開発への投資額が大きくなる。代替案 B、C、D では、需要側と供給側の対策により、必要な投資額は圧縮することができる。しかしながら、水資源管理のアプローチは異なり、いずれの代替案も IWRM を適用するものであるが、代替案 B ではより環境面の配慮を重視し、C では社会経済の開発を一義的に志向するものである。これに対して D は、B と C をバランスよく統合することにより、全体最適を考慮したバランス型代替案である。

表 8-2 各代替案の比較

代替案		主な開発課題・施策
A	IWRM 無し (ゼロ・オプション)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 現状から変更なし ✓ 水需要に対応するためのインフラの集中的な整備 ✓ 関連部門間の調整がない
B	環境配慮型代替案	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水質の保全 ✓ 生態系および生物多様性の保全 ✓ 地下水の枯渇および汚染の回避 ✓ 地盤沈下のリスクの低減
C	社会経済開発志向型代替案	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地域経済発展の促進 ✓ 産業発展の促進 ✓ 灌漑面積の拡大
D	バランス型代替案	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 都市と農村のバランスの取れた発展 ✓ 環境と経済・社会的配慮の統合 ✓ 水の供給と需要の相互補完

SEA のプロセスにおいて、各代替案を比較検討し、最も適切な代替案を選定する必要がある。または、それぞれの代替案を組み合わせることで最適代替案が提案される場合もある。本プロジェクトにおいては、環境省を含む多様なステークホルダーを招いたワークショップでの議論を経て、代替案 D が適切だと提案された。この代替案を推進するためには、参加型アプローチが必要である。これは、関係者・関係組織の合意に基づき、複数のセクター間の調整を行うものであり、また、工学的な側面と社会的な側面を同時に扱う必要があり、両者を統合することが必要である。

第1段階での問題分析等を踏まえた一連の活動を通して、IWRM を推進するための15の戦略が特定された。それらは「表流水と地下水の連携利用」や「地域開発計画における水需要管理」、「地下水開発の評価実施」、「地域での水問題に関する紛争の調整メカニズム構築」等である。そこで第3段階では、利害関係者との協議を通し、各戦略の環境と社会への影響評価やモニタリング方法の検討を実施した。本プロジェクトでは、これらの SEA 試行に関する活動を通し、C/P の SEA や環境影響評価に関する能力強化に貢献している。